



創造する
折り紙遊びへの招待

藤本修三・西脇正巳著

創造する

折り紙遊びへの招待

Dear Michael or Isabella.

Thank you for your order.

I hope you enjoy
Fujimoto-books!

Yours Satoru Saito.

折り紙 三原則

折り紙は紙のみを使った芸術です。紙という便利で日常必要欠くことのできない文明の産物を折るという操作のみで作品を作り上げるのが折り紙です。だから、

- 1 純粹に折ることのみで、一つの作品を作ります。切らない。貼らない。
- 2 一枚の正方形又は長方形の紙のみで作ります。※

折り紙は紙のみで作る芸術です。材料となる紙が、その性質として、加工しやすい、弾性が強くない、ことが折り紙を可能にしています。だから、

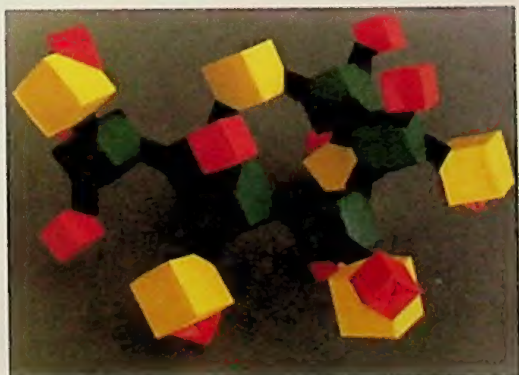
- 3 余分な折りすじをつけないで折ることにします。

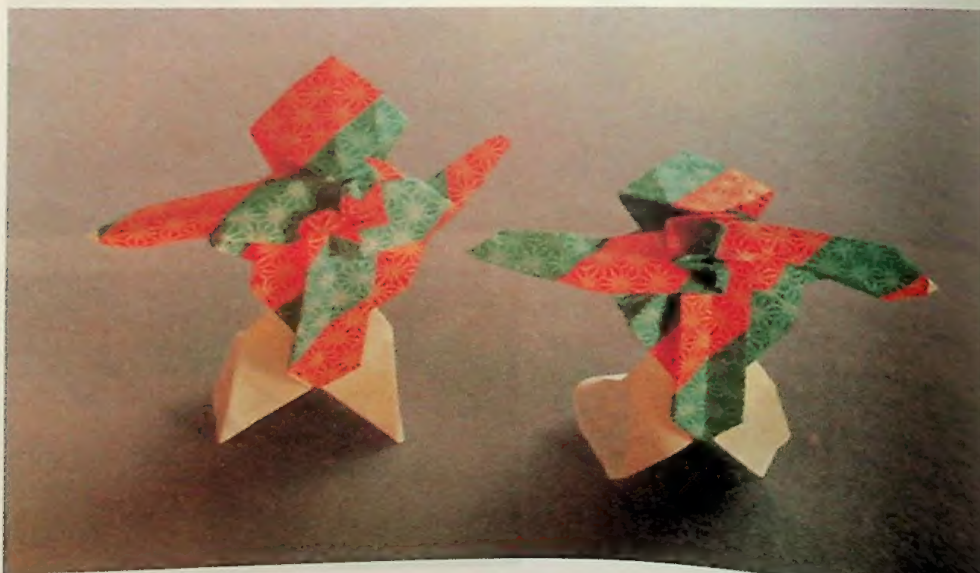
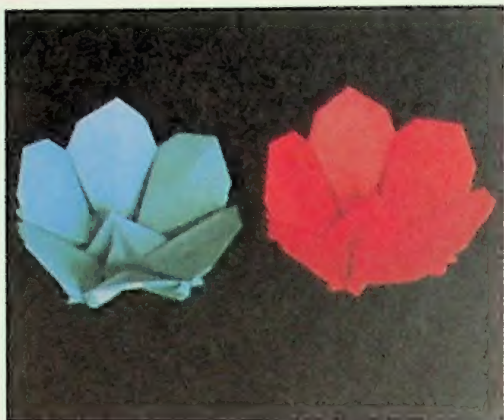
※ この本の折り図の紙型は特にことわっていないかぎり1:√2の普通サイズのものを使います。



上左…リンゴ
上右…果物
中……果物
下……分子模型

(次の頁)
左…花
右…箱
下…おどり





序

FUJIMOTO'S CUBE; a sort of poem

I sit and look at you my friend,
and marvel at your being.
From one perfection to another.
From the anonymity and illusion of the plane,
to the reality of the cube.
Yet the two are one; it is time and
space that have changed.
I sit and look at you, my friend,
and wonder at your perfection.
All is needed, nothing is wasted.
And what a journey from one perfection to another!
An instant of magic when anonymity changes
to reality,
When the plane becomes a cube,
When nothingness becomes reality, with
shape and space and meaning.
Here is the mystery of our art.
This act which connects us for a moment
with some other time and some other space.
Perhaps to the geometry of the universe itself.
Perhaps to our own selves.
I sit and look at you my friend
and marvel at your being.

John Smith

[illegible]

フジモトのキューブ

ジョン・スミス作：近成俊昭訳

私は、お前をじーっと見つめる
お前の不思議さよ
一つの完成は、次の完成に
一枚のただの紙と幻想からキューブの姿へ
でも、それらふたつは同じもの
姿をかえるのは、時と空

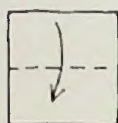
私は、お前をじーっと見つめる
ただ、その全き姿に想いをはせて
わずかのむだなく、使いつくした紙の姿に
そして、その作られてゆく道程のすばらしさ
ただの紙が実在の姿に変わる時の魔術の瞬間！

一枚の紙がキューブに変わる時
ただの紙が、形と空間と意味をもつ
実在の姿に変わるとき
そこには、紙の芸術の神秘性がある
それは、私達を別の時間と空間の世界へ
導いてくれる。
たぶん、幾何学の世界のまっただ中へ
自然の世界へ

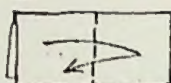
私は、お前をじーっと見つめる
お前の姿の不思議さよ

CUBE ~ Shuzo Fujimoto

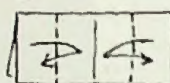
1



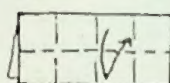
2



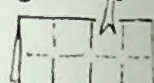
3



4

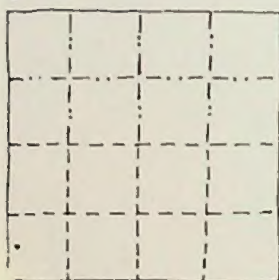


5



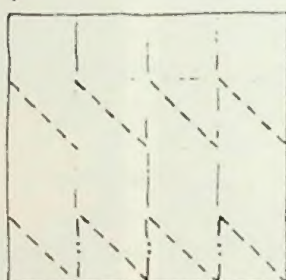
unfold

6

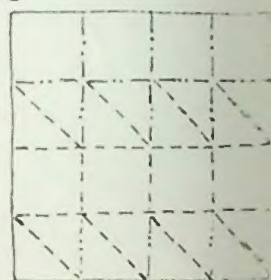


crease pattern

7

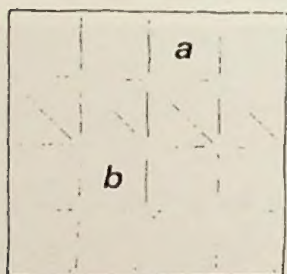


8



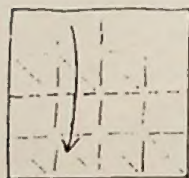
completed crease pattern

9

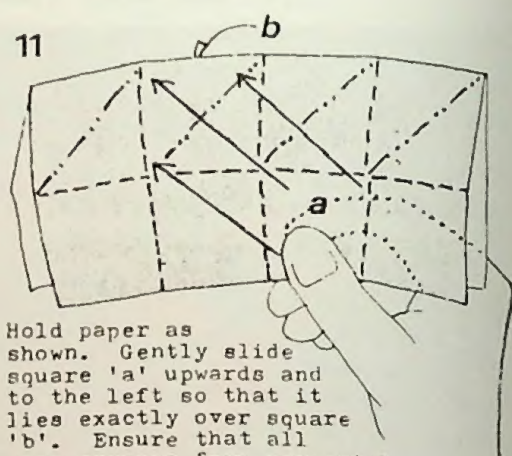


identify squares
'a' and 'b'

10



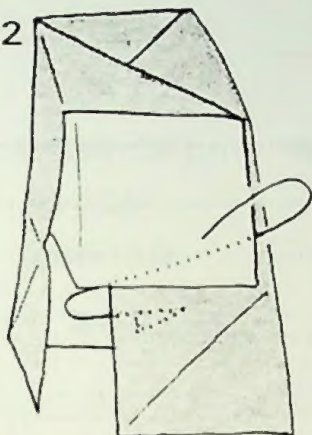
11



Hold paper as shown. Gently slide square 'a' upwards and to the left so that it lies exactly over square 'b'. Ensure that all your creases form accurately and neatly. The paper will curl itself into the shape of a cube.

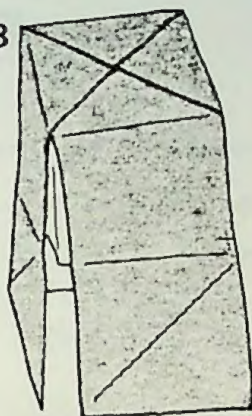
この序を書いたのは、英国折り紙協会の議長ジョン・スミス氏と、同協会機関紙の編集者であるポール・ジャクソン氏で、British Origamiの1982年6月号No94から許可を得て転載しました。

12

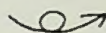


flip the white square inside
to interlock the base

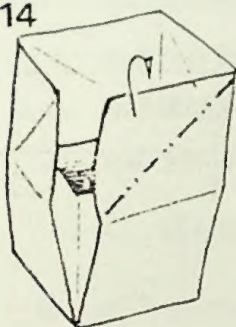
13



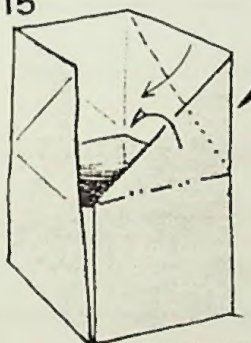
interlocked
base complete



14

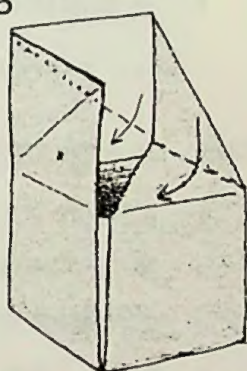


15



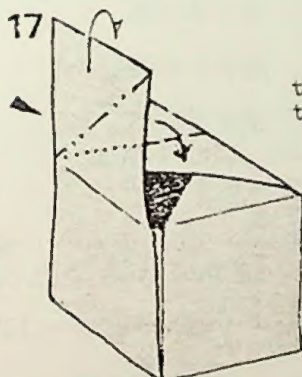
push in

16



... and again

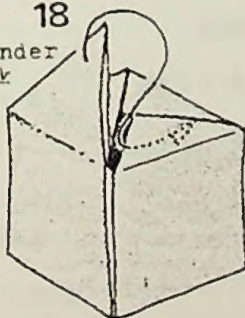
17



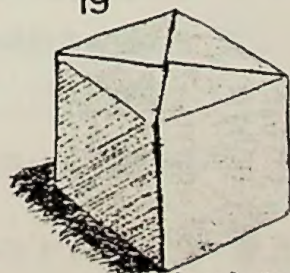
... and again

18

tuck under
to lock



19



Complete

model (C) Shuzo Fujimoto 1982
drawings (C) Paul Jackson 1982

目次

序	
折り図の記号.....	
基本になる折り方.....	
第一章 ダイヤモンドを作ろう	
第二章 神秘の立体・正多面体	
——〈デカンショのコーナー〉——	
第三章 正多面体の切断	
——〈あそびのコーナー〉——	
第四章 多面体の組み合わせ	
1 正四面体と正八面体とを使って	
2 再び正四面体と正八面体	
3 正六面体を作ります	
4 菱形十二面体を作ります	
5 正四面体の結合	
6 正多面体型の立体の構成	
7 正多面体の対称性を表す立体	
8 その他	
——〈団子より花のコーナー〉——	
第五章 空間をうずめる	
1 一種類の正多面体	
2 二種の正多面体	

3 合同図形で囲まれた一種の立体

4 一種の立体

5 二種類の立体

——〈箱のファンタジイ〉—— 129

第六章 ミクロの世界・折り紙結晶学入門 137

1 面心立方格子を表す立体

2 六方格子を表す立体

3 体心立方格子を表す立体

4 ホタル石型構造模型

5 分子模型

6 岩石を作るもの

——〈織り折りのコーナー〉—— 156

第七章 折り紙の数学 169

1 基本的操作による規則性

2 紙の等分割

3 特別な分割

4 角の等分割

——〈レリーフのコーナー〉—— 182

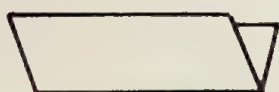
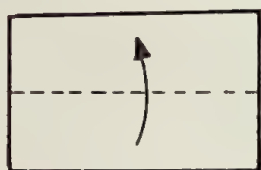
あとがき・なぜ折り紙なのか 199

手造りの味 紙は加工しやすい

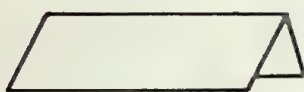
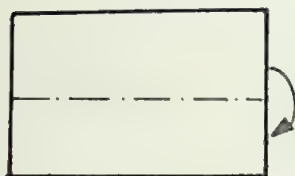
創造性の開発 省資源 いつでもどこでも

索引 205

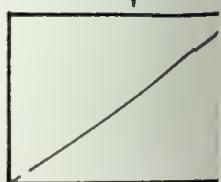
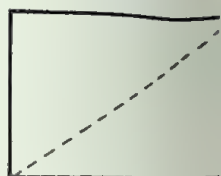
折り図の記号



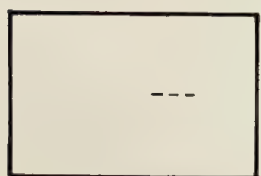
谷折り線



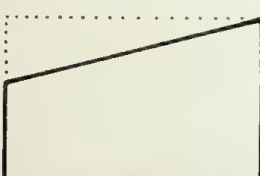
山折り線



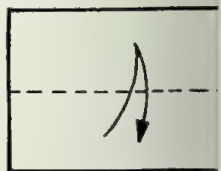
折りすし線



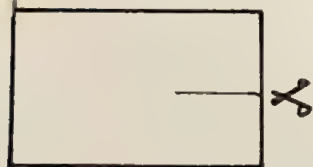
しるし線



仮想線



折って開く



切り線



重ね合わせ



次へ



裏がえす



ひらく



さしこむ



ひきだす



拡大する

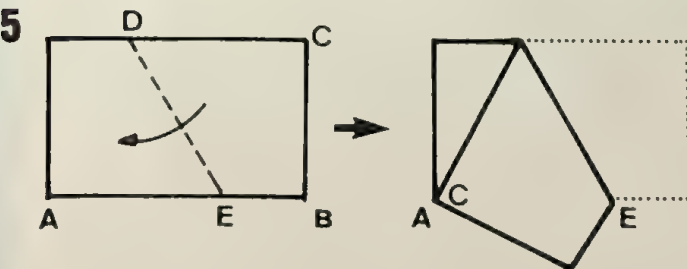
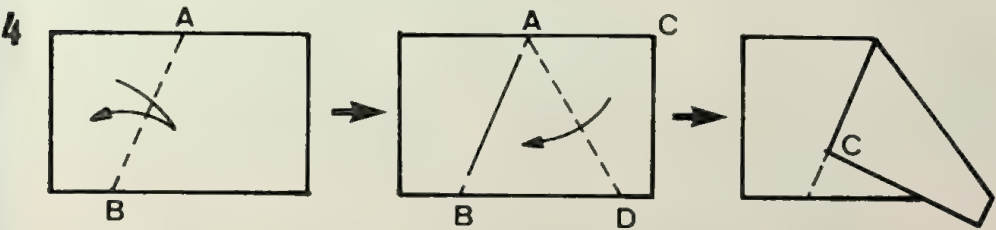
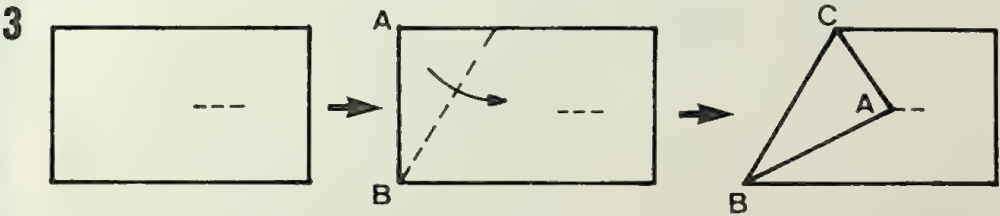
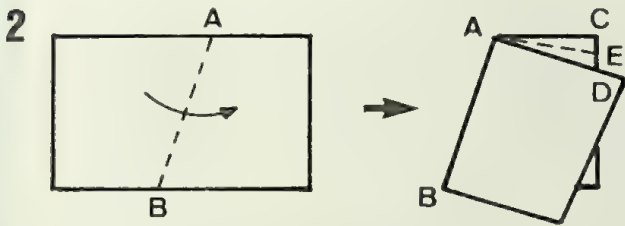
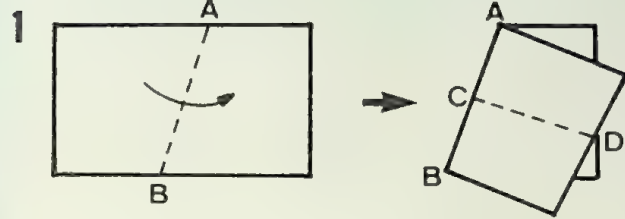


縮小



位置をかえる

基本になる折り方



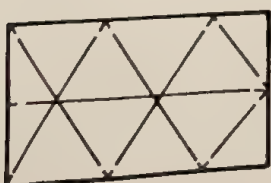
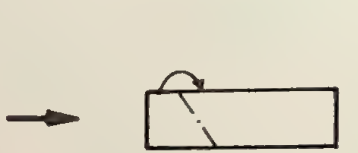
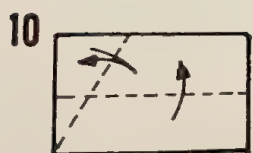
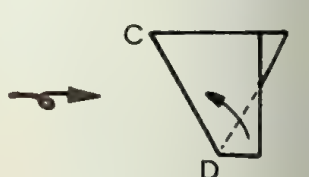
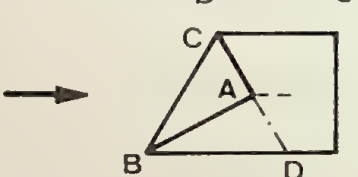
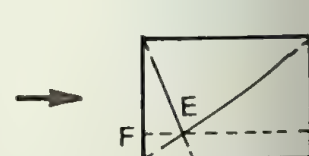
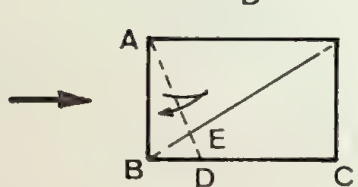
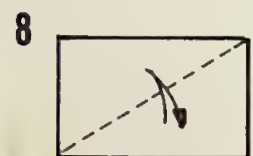
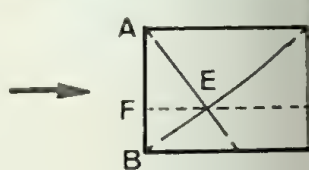
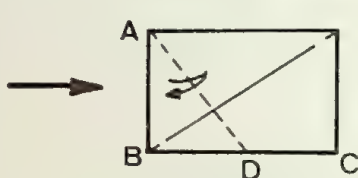
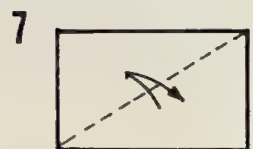
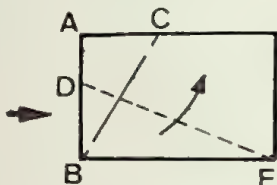
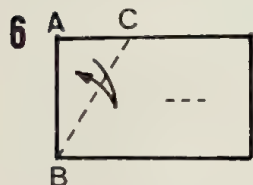
2 図版説明

- 1…直角を作ります。ABを折りA
C、BCが重なるようにCDを
折ると、ABはCDに垂直になり
ます。
- 2…直角を作ります。ACがADと
重なる様に折ると、ABとAE
は垂直になります。
- 3… 30° を作ります。2つ折りにし
て中心線にAを重ねて折ると、
 $\angle ABC$ は 30° になります。
- 4…等しい長さをとります。ACを
ADに重ねて折ると、ABとB
Dは等しくなります。
- 5…EBはABの4分の1です。

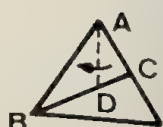
3 図版説明

6...Aを中心線に合してCをきめ、BにCを重ねて折ると△BDEは60°で、ADはABの3分の1になります。

7...3等分線を作ります。対角線を折りBCの中点DとAを通るように折り、EでBに平行に折るとBFはAFの3分の1



11



7...
8...5等分線 BCの4分の1の点DとAを通る線を作り、Eを通してBCに平行線を作ります。BFが5分の1です。
9...正三角形。中心線にAを合して折、ACに重ねて折り、BDに重ねて折ります。
10...正三角形の折り。中心線をついて折ります。その後2つの折りに沿って折ります。その後、たがひが正三角形になるまで折ります。
11...正三角形の中心。ABにACを重ねるとDが中心です。

4 図版説明

12…正方形の折りましを作ります

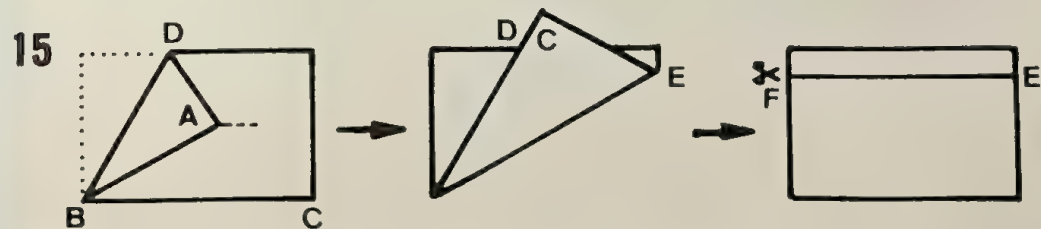
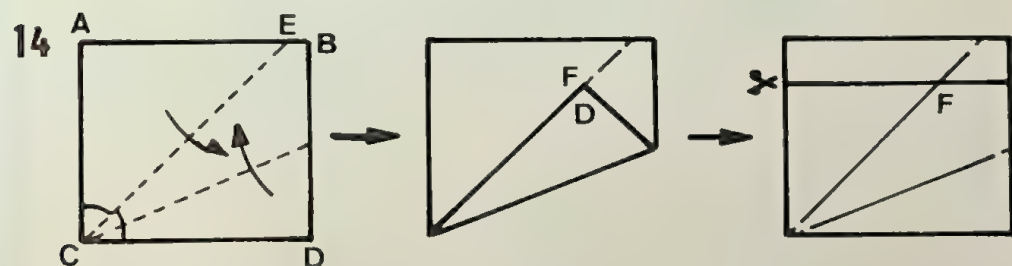
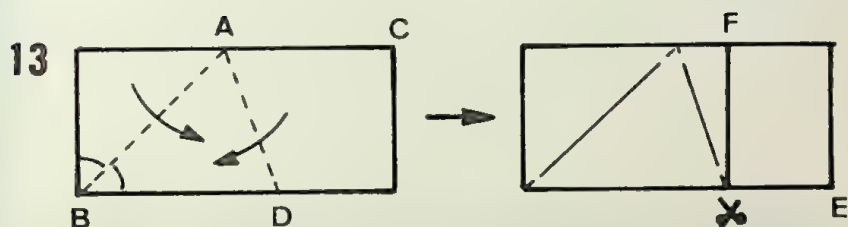
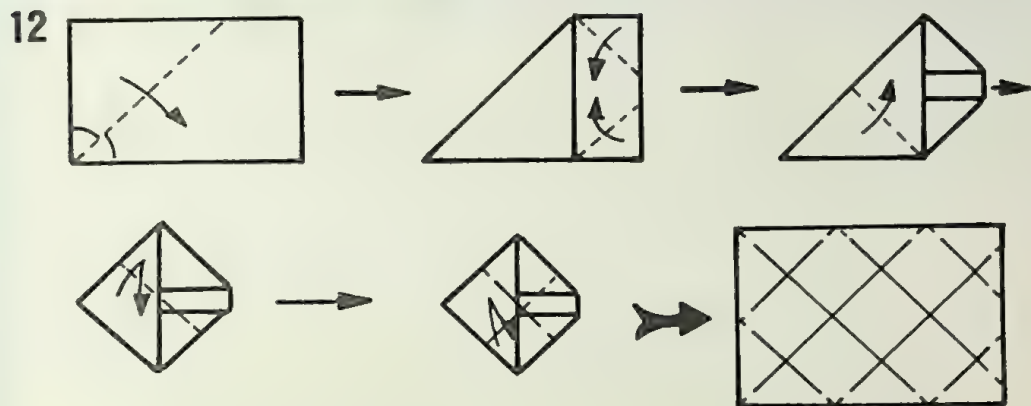
13…細長い紙を1:2の紙型にします AC

をABに重ねてDをきめ、CEに平行なDFで切るを1:2の紙型になります

14…幅の広い紙を1:2の紙型にします

CEにCDを重ねてFをきめ、FでABに平行に切ります

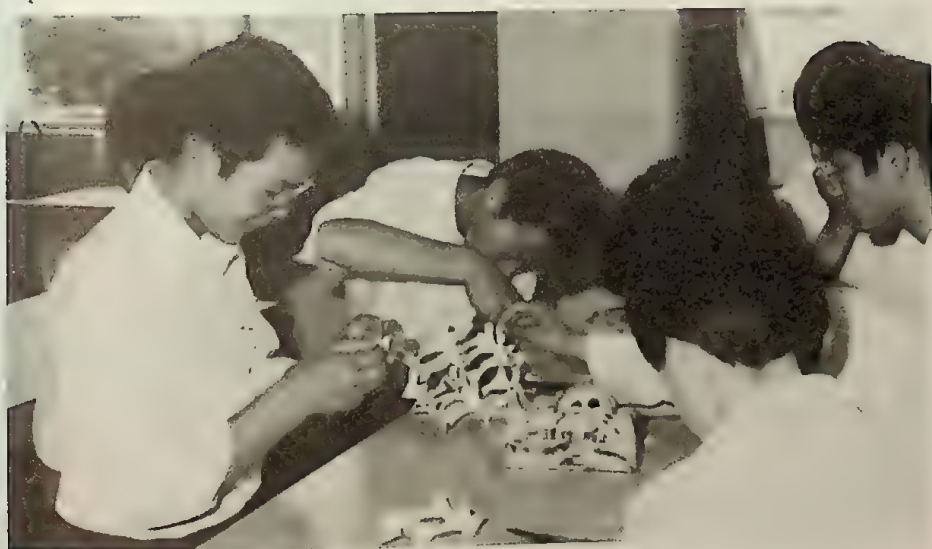
15…1: $\sqrt{2}$ の紙を1: $\sqrt{3}$ の紙型にします。Aを中線に重ねてDをきめて、BDにBCを重ねてEをとりEFで切ります。



第一章

ダイヤモンドを作ろう

1



宝石という言葉から連想するのは、誰もがダイヤモンドだと思います。このように、ダイヤモンドは宝石の中の宝石なのです。宝石というのは一般的にいうと、美しくて、硬くて、珍しいものですが、金剛石という日本名が示すように、現在知られている最高の硬さをもち、美しさにおいても珍らしさにおいても他の宝石にまさっています。そのためにこそ、ダイヤモンドは金と並んで人間の欲望の的であり、富の象徴となるのです。明治の文豪尾崎紅葉はその代表作金色夜叉の中で富の

象徴としてのダイヤモンドを見事現しています。一部を引用します。

「彼は忙しく顔をあけて紳士を見たりしか、其人よりは其指に物ゝの異常なるにおどろかさたていでにて、

「まあ、あの指輪は、金剛石？」

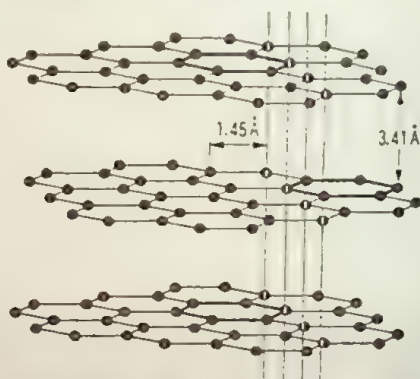
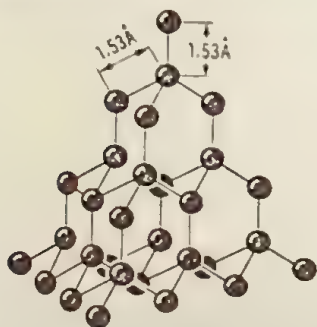
「そうよ。」

「大きいわね。」

「三百円だ。」

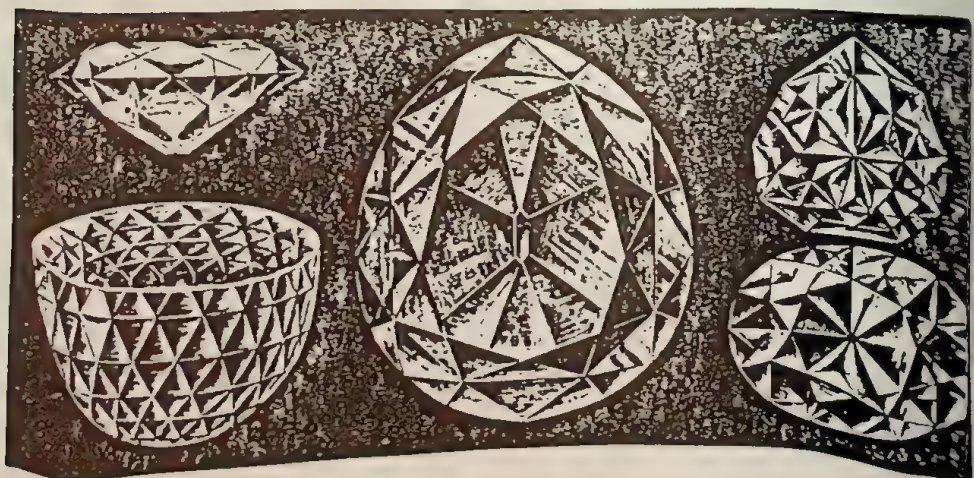
かくして彼より此に依え、甲斐に通して、

「金剛石！」



5 図版説明

上…右は石墨
子、の正ひ
左はダイ
モンド
下…ダイヤ
モ
カット、
例。



『うむ、^{ダイヤモンド}金剛石だ。』

『^{ダイヤモンド}金剛石??』

『^{ダイヤモンド}成程金剛石!』

『まあ、^{ダイヤモンド}金剛石よ。』

『あれが^{ダイヤモンド}金剛石?』

『見給え、^{ダイヤモンド}金剛石。』

『あら、まあ^{ダイヤモンド}金剛石??』

『すばらしい^{ダイヤモンド}金剛石。』

『おそろしく光るのね、^{ダイヤモンド}金剛石。』

『三百円の^{ダイヤモンド}金剛石。』

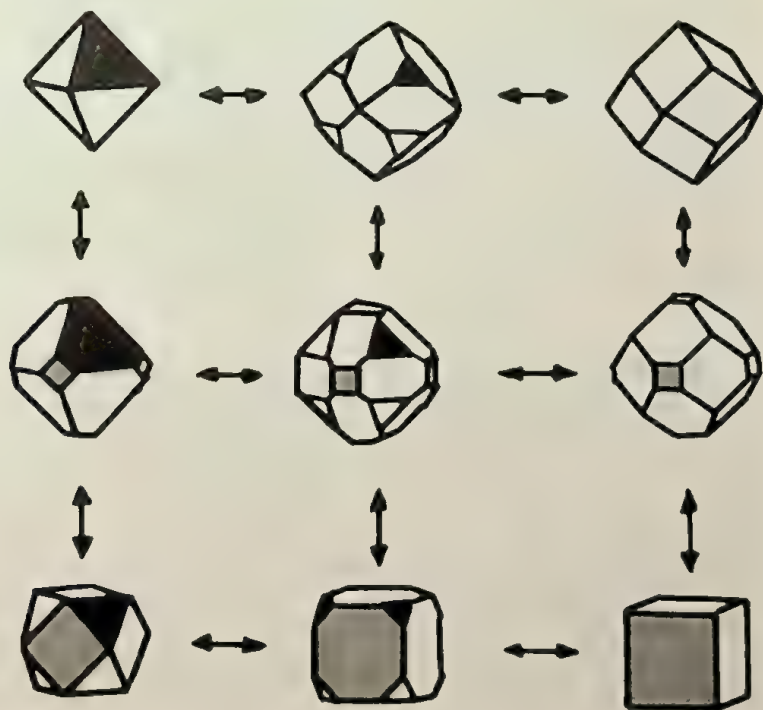
またたく間に三十余人は相呼び相應
じて紳士の富を謳えり。』

とあります。

ダイヤモンドは純粋な炭素だけが、
結晶学でいう等軸晶系に結晶したもの
です。炭素は炭の素と書くので炭のよ
うなものを思いうかべるのが普通です

が、炭は純粋な炭素だけではなくて不
純物を含んでいるし、炭素も規則正し
く並んでいないものです。純粋な炭素
だけが規則正しく並んだもの、すなわ
ち結晶になると、並び方によっては黒
くてやわらかい比重2.3の石墨にもなれ
ば、硬くて透明で比重3.5の宝石として
のダイヤモンドにもなります。図5。

ダイヤモンドは結晶なので原子間の
結合には一定の規則性があります。そ
のために特定の方向で結合の強いところ
と弱いところができるために、最高の
硬さを誇るダイヤモンドを切ったり
けずったりして加工することができる
のです。勿論ダイヤモンドを切るのは
ダイヤモンド自身です。美しいダイヤ
モンドをより美しく見せるために様々



6 図版説明

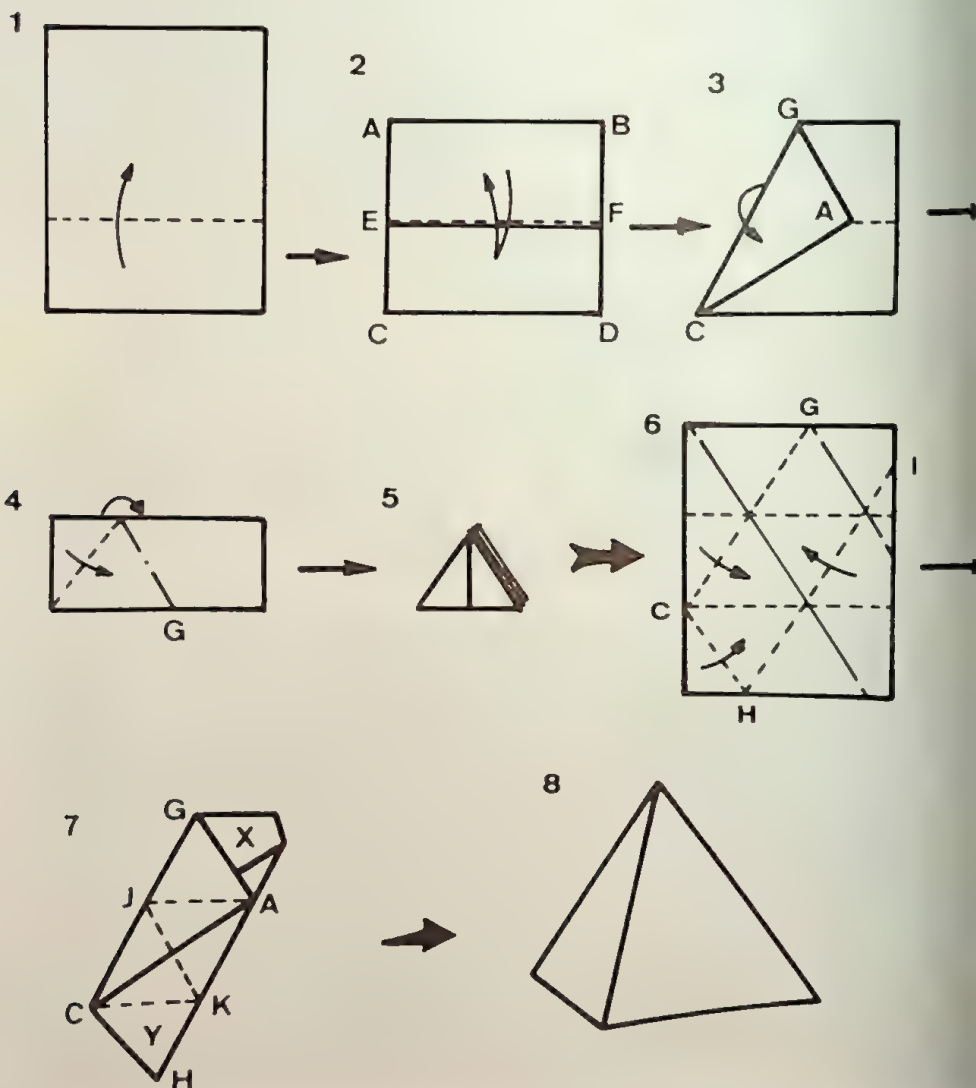
ダイヤモンド結晶のい
ろいろ。左上の正八面
体をしたものが一番多
く産出します。

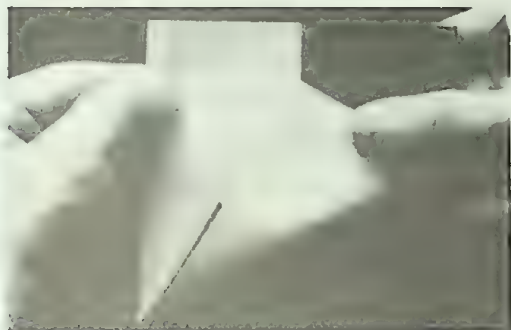
正四面体の折り方

7 図版説明

- 1…下約3分の1を折ります。
- 2…ABをCDに重ねて中線EFを折ります
- 3…Cを起点としてAをEFの線に合わせてCGの折りすじを作ります。
- 4…AをもとにもとしてABとCDを合わせ全体をGCの折りすじ通りに外へ外へと折ります

- 5…正三角形になるまで折り、これを2次の折りすじがついています
- 6…CHを谷折りにし、GC、HIの折りすじ通りに折ります
- 7…CK、KJ、JA、GAの線で谷折りにし、正四面体になるので、Xの部分にYを合わせれば完成です





2 写真説明

- 2…中線に合して60° 折り線をつけます。
- 3…1/3に折ったところ。
- 4…折り線に合して折ってゆきます。
- 5…正三角形になるまで折ります。
- 6…開いたところ。
- 7…このように折ります。
- 8…左はしを右はしのポケットに入れると完成します。

3



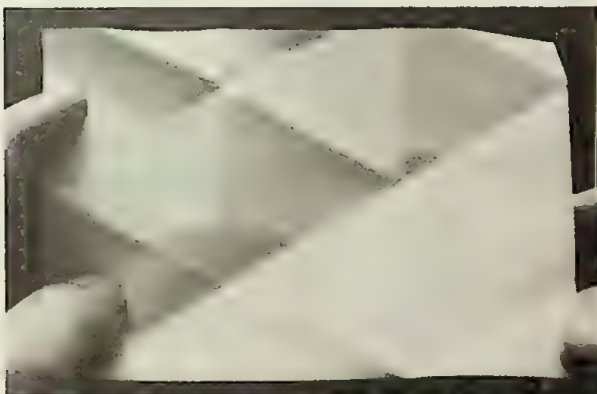
4



5



6



7



8



の加工の工夫がほどこされています。
図5はその一例です。

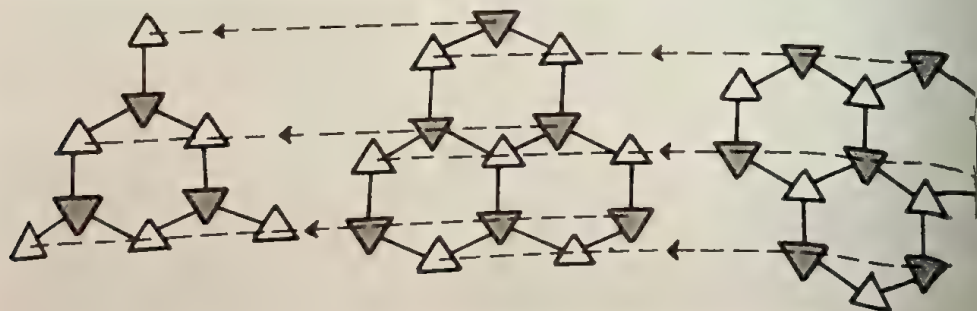
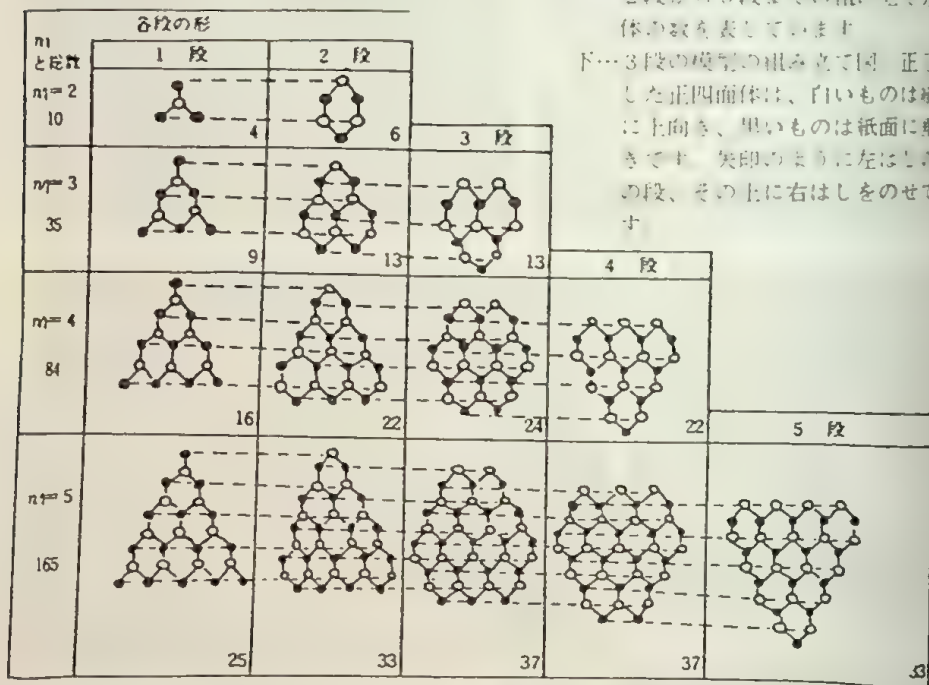
宝石としてのダイヤモンドは、より美しく見せるための加工がほどこされたものですが、本来の結晶は図6のようにいろいろなものがあります。教科書などでは図の左上の正八面体の形で書いてありますが、この結晶の産出が最も多いからでしょう。したがってダ

イヤモンドの結晶は正八面体の形るのが一番良いと思います。

科学史上有名な錬金術はともかくして、現代の科学はダイヤモンドを合成することができますが、2千度、万気圧以上という大変な状態の下でみ可能です。

図版説明

上…ダイヤモンドの結晶の組み立て図
2段から5段までの組み立て方と正四面体の数を表しています
下…3段の模型の組み立て図 正四面体とした正四面体は、白いものは紙面に垂直に上向き、黒いものは紙面に垂直に下向きです。矢印のように左は上の段、その上に右はしをのせて結合します。



この本でダイヤモンドを作るというのは、勿論本物を作るのではなくて模型を作ることですが、それも紙を折ることで作るの、ほとんど道具らしいものは使いません。私達の身のまわりにはたくさんの紙があふれていますから、その中から適当な厚さと大きさの紙を選んで必要枚数を揃え、それに接着剤かセロファンテープを用意すると準備は完了です。

ダイヤモンドは炭素原子だけの集ったものですから、まず炭素原子の模型を作ります。この炭素原子は、正三角形の4面でまわりを囲まれた立体、正四面体といいます、で作りますから、正四面体を必要数だけ作ることにになります。正四面体の作り方は18ページを見て下さい。正四面体の数は、どれだけの大きさのダイヤモンドを作るかによってきまりますから、あらかじめ模型の大きさを決めておきます。

炭素原子である正四面体はツギ手で結合して組み立てます。必要数は模型の大きさによります。ツギ手の作り方はこのページの下の方10です。正四面体の炭素原子をツギ手で結合してダイ

10 図版説明

ツギ手の作り方

4 : √3の紙を4等分して折り、斜めの折りすじを入れて、重ねしろをのりづけします。

ヤモンドに組み立てていく設計図は前ページの図です。この図を見るとわかるように、平面的に結合したものをいくつかの段につみ重ねていく方法をとりますが、段の数mと正四面体の総数Σとの間には

$$\Sigma = \frac{m}{3} (4m^2 - 1)$$

の関係があり、ツギ手の総数Σ'との間には、

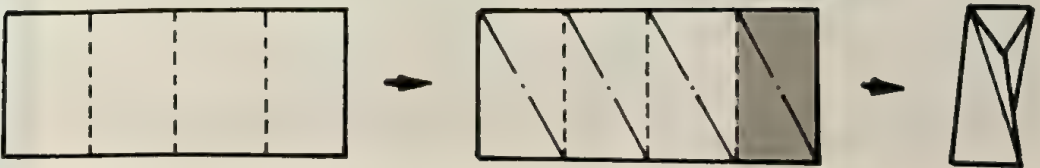
$$\Sigma' = \frac{2}{3} m (m-1) (4m+1)$$

の関係があるので、段の数が大きくなれば、

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\Sigma'}{\Sigma} = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\frac{2}{3} m (m-1) (4m+1)}{\frac{m}{3} (4m^2 - 1)}$$

となります。したがって段の数が多くなれば、ツギ手の数は正四面体の2倍に近くなります。この関係式から段数

m	Σ	Σ'	Σ'/Σ
2	10	12	1.2
3	35	52	1.49
4	84	136	1.62
5	165	280	1.70
6	286	500	1.75
7	455	812	1.78
8	680	1232	1.81
9	969	1776	1.83
10	1330	2460	1.85
∞			2.0

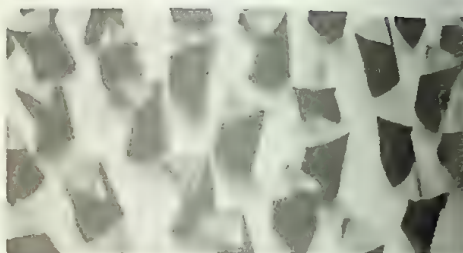


ダイヤモンドの結晶模型の組み立て

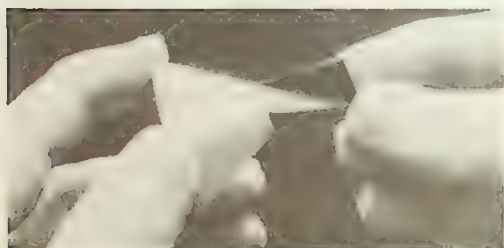
9



10



11



12



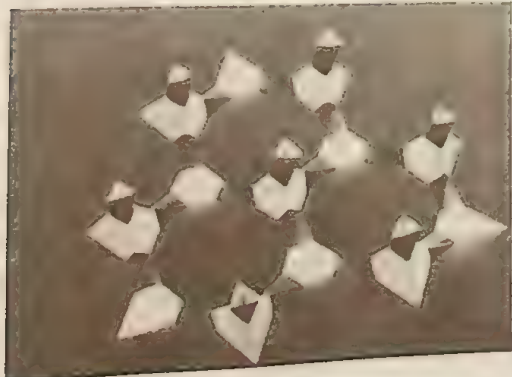
13



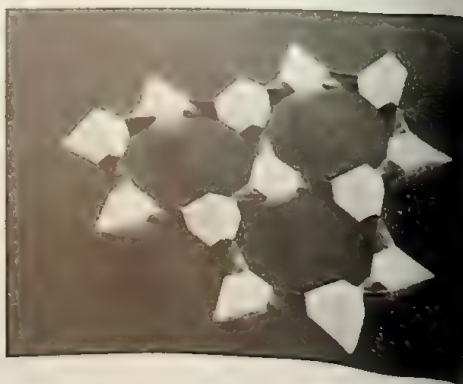
14



15



16

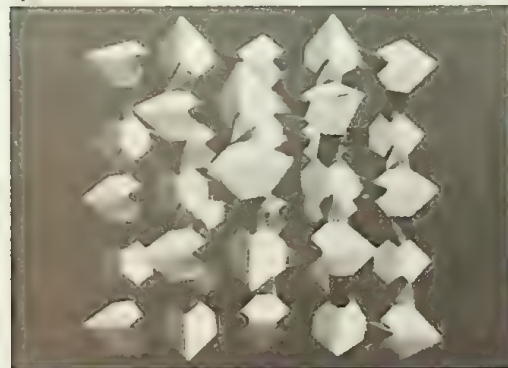


写真説明(前ページ)

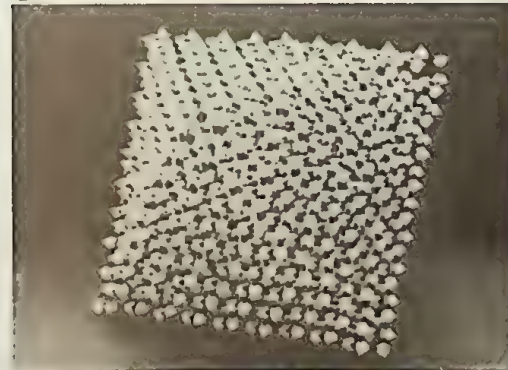
- 9…正四面体
10…ソギ手
11…正四面体とソギ手の結合
13…輪になります。
14…第1段
15…第2段
16…第3段
17



19



21



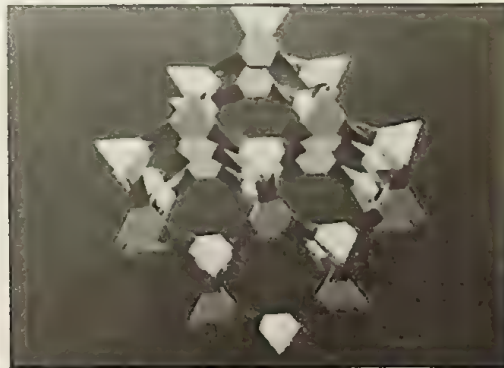
写真説明

- 17…第1段に第2段をのせて上下方向の結合
をします。
18…第2段の上に第3段をのせて上下の結合
をします。
19…完成
21…10段、正四面体1330個のもの。
22…2段、最小

18



20



22



mと正四面体の総数 Σ とツギ手の総数 Σ を求めてみると表のようになります。

これで正四面体とツギ手の必要数がきまりましたので、いよいよ作りはじめます。以下で説明するのは、段数3段、正四面体の数35個、ツギ手の数52個のものです。

18ページの作り方で正四面体を35個と、21ページのツギ手を52個作ります。この正四面体をツギ手で結合していく手順が22ページです。ツギ手の両側に正四面体を結合すると、正四面体どうしはお互いにねじれの位置にきます。このようにして、平面方向に6個の正四面体を結合すると輪になりますからこれになお3個の正四面体を結合して1段目を作ります。同じように2段目3段目を作って、1段目の上に2段目をのせて結合し、2段目の上に3段目をのせて結合すると完成です。23ページ。1段目、2段目、3段目の組み立ては、組み立て設計図、20ページの図を見て下さい。

ダイヤモンドの外形は正八面体のものが多いので正八面体として作りますが、段数が多くなるほど外形ははつきります。23ページの段数2段のもの、3段のもの、10段のものを比べれば明瞭でしょう。10段のものを標本として作っておくと、大型のせいもあるけれども見る人は一様に驚きの声をあげるものです。

ここで使用する紙のことをふれてお

23



24



25



26



10段の模型

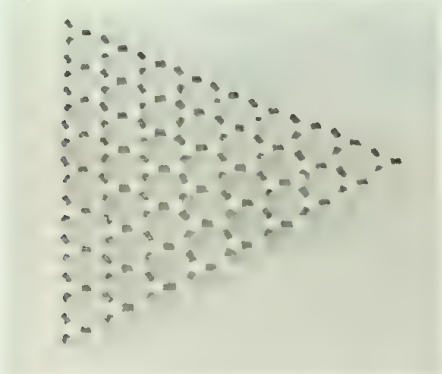
写真説明

27…1段目、一辺は正四面体10個。

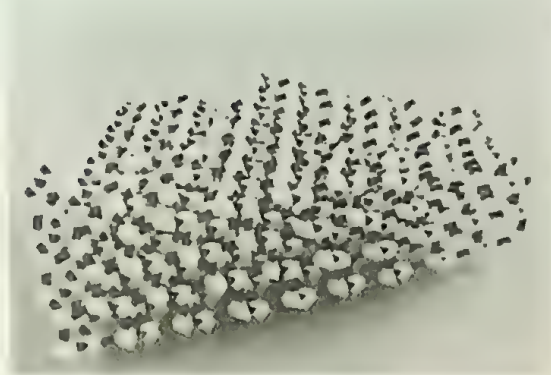
28…4段目。

29…7段目。

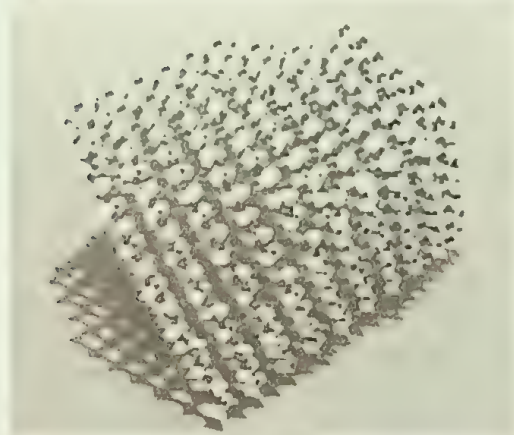
27



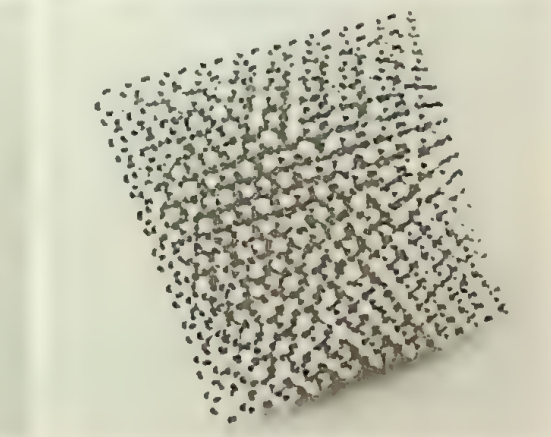
28



29



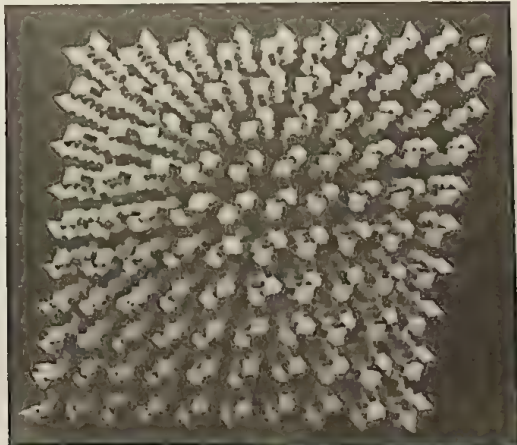
30



31



32



きます。普通に使われるザラ紙を8等分すると $9.1\text{cm} \times 12.9\text{cm}$ の大きさの紙になりますから、この紙で正四面体を作ると一辺約 5cm の大きさのものができます。これを $3\text{cm} \times 7\text{cm}$ の大きさの紙で作ったツギ手でダイヤモンドの模型を作ると、3段のもので大体 30cm くらいの大きさになります。

第二章

神秘の立体・正多面体

33



34



35



36



37



お正月に使うサイコロは使いやすいように角が丸くしてありますが、正方形の面を6個もっています。角砂糖もこれと同じ形をしています。もしサイコロの面が長方形や普通の四角形や平行四辺形などであったとしたら、サイコロにはならないでしょう。1から6までの数字がほぼ均等に上をむいて静止することはあり得ないからです。

サイコロや角砂糖のような立体は、どの面も正方形でできていますが、正三角形や正五角形などの正多角形の面だけで囲まれた立体の数は多くありません。サイコロや角砂糖のようなものを正六面体といますが、ミョウバンの結晶のように正三角形8面でできているものを正八面体といます。同じようなものには、正三角形4面の正四面体、正三角形20面の正二十面体、正五角形12面の正十二面体などがあって、ここにあげた5種類以外にはありません。この5種類を正多面体といますが、正多面体が5種類しかないことは今から2千年以上も前にギリシャの人

達によって発見されていました。ミシャの人達は数的調和ということに好んだために、物の形の中で球の多面体を重要視しました。正多面体ことをプラトンの立体と呼ぶのもこの傾向のあらわれだと言えるでしょう。もっとも、正多面体が5種類しかないことを見つけたのはプラトンでなくて、数学と音楽とで魂をきよめ苦しみからのがれようとした人達、ピタゴラス学派の誰からしい

12 図版説明

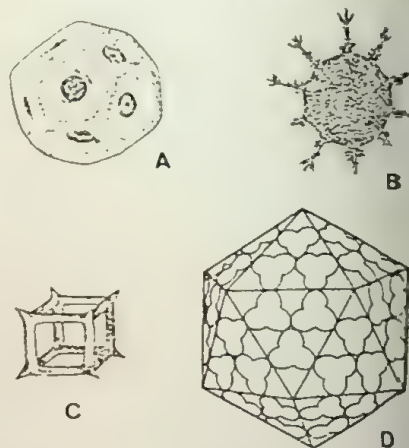
自然界の正多面体型

A…ケスミソウの花弁

B…放散虫

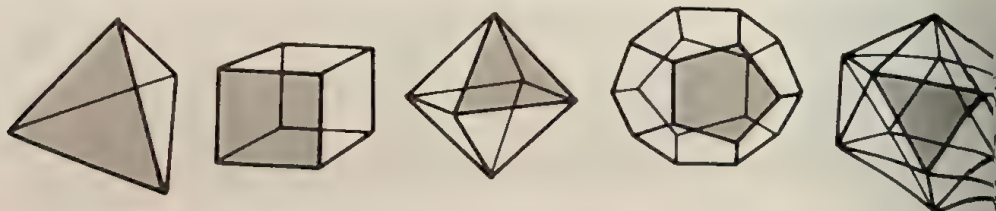
C…放散虫の骨格

D…ハクザリオファージの殻



11 図版説明

五種類の正多面体。左から正四面体、正六面体、正八面体、正十二面体、正二十面体、黒い部分が一つの面です。



すが

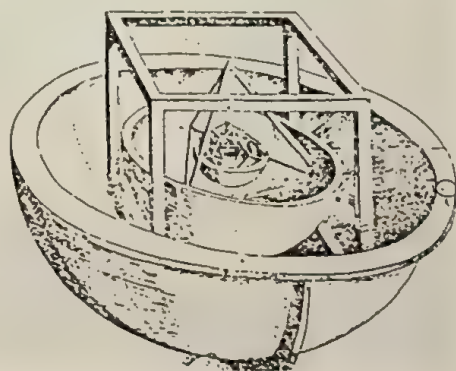
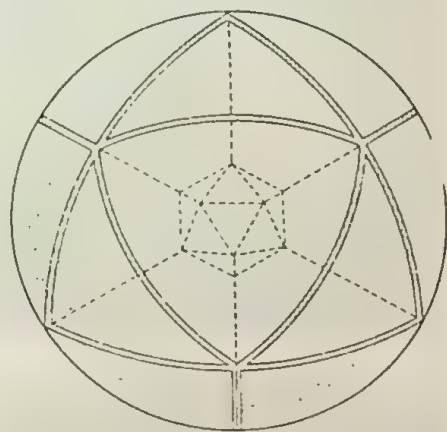
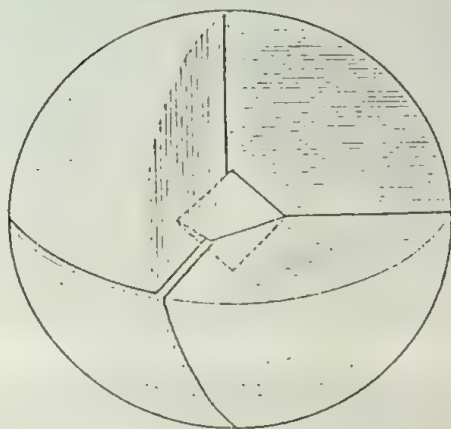
プラトン達ギリシャの人達はものの事の根源のところに球や正多面体をおこうとしたわけですが、図12のようにある種のウイルスや微生物が正多面体をしていたり、図13のような超高压を作る機械や建築などに正多面体が使われていますから、ギリシャの人達の考えが空理空論ではないようです。そのためか、ギリシャ人以外にも物事の根源のところに球や正多面体をおこうとした人々が何人かいます。例えば、中世から近世への橋渡しの時期に天文学の分野で大活躍をしたケプラーもその一人です。ケプラーは望遠鏡を使わなくても見える太陽系の星の5個、すなわち水星、金星、火星、木星、土星と地球の6惑星の間にそれぞれ1個の正多面体をおいて説明しようとしたものです。図14はその模型です。このケプラーもプラトンなどのギリシャ人と同じように、宇宙は完全な数的調和の世界であると信じて疑わなかったのです。18世紀になって、当時の大望遠鏡を使ったハーシェルが天王星を偶然に見つけてケプラーの思いちがいに終止符を打ちます。こうした歴史的過程を見ると、自然界の謎をあばこうとするときに、その根源のところに数的調和をおこうとする基本姿勢はギリシャの時代もケプラーの時代もそして今も変わっていないように思えます。

それはともかく、正多面体は昔から

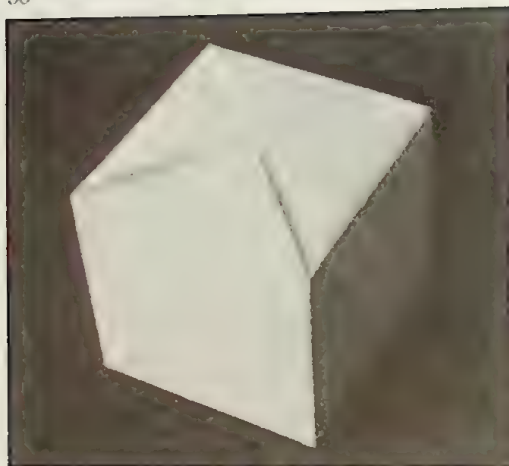
図版説明

上…超高压装置の模型(13)

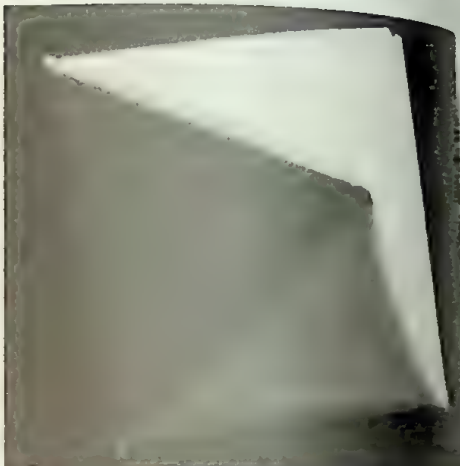
下…ヨハネス・ケプラーの考
えた太陽惑星の模型図(14)



38



39



40



38 正六面体

39 正八面体

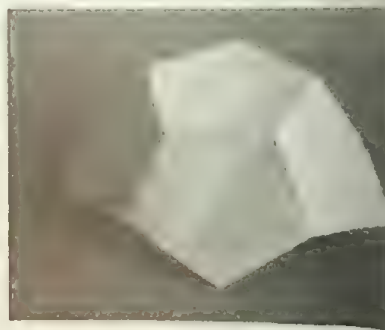
40 正十二面体

42 正十二面体

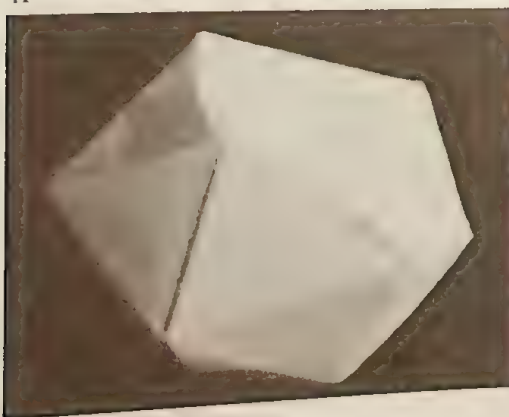
41 正二十面体

43 正二十面体

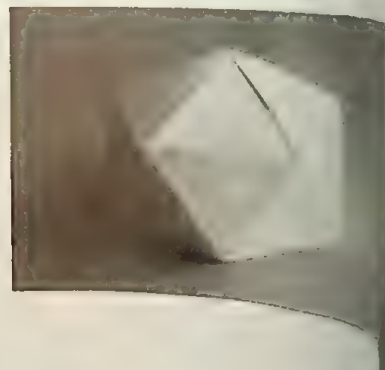
42



41



43



人の心をひきつける不思議な立体であったことは確かです。神秘的な立体でさえありました。現在の私達には想像を超えるものがありますが、それというのも、様々な不思議な性質をもっているからであり、そのことが建築家などの注目するところとなるのでしょう。この不思議な性質をもつ立体、昔の人々が神秘性をさえ感じた正多面体を折り紙で作ってみよう、というのがこの章です。

正多面体をプラトンの立体と呼ぶことをさきにふれましたが、プラトンは正方形と正三角形が造形的に全くちがった図形であると言っています。造形的に全くちがうということは、一番基本的な図形であることを示しているのでしょう。ですから、私達が作ろうとしている折り紙正多面体の基本図形は正方形と正三角形です。

5個の正多面体の中で最も単純なものは、正三角形4面で囲まれた立体の正四面体です。この立体は第1章の主役を演じたのでよく御存知の立体です。次はサイコロ型の正六面体で正方形6

面で囲まれています。この立体を作るには32ページ33ページを見て下さい。正方形で囲まれているのは正六面体だけですが、正五角形で囲まれているのは正十二面体だけで、他の3種はいずれも正三角形で囲まれています。正三角形8面で立体を作っているのが正八面体で、作り方は34ページなどです。

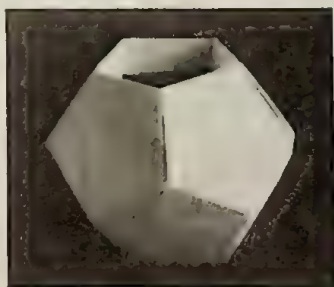
正五角形が12面の立体正十二面体と正三角形20面の立体正二十面体は立体の性質が複雑になるので作り方も複雑になります。作り方は36ページから41ページにあります。どちらも同じものを2個作って重ねるかはいり合わせが必要です。なお、正六面体や正八面体も同じ方法で作れます。42ページ。

これで5種の正多面体は全部作れることになります。ひとつの立体についてもいろいろとちがう作り方があってそれぞれに特徴がありますので、また別のところでふれます。

44



45



46

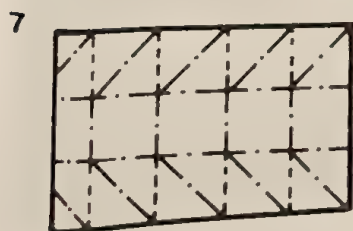
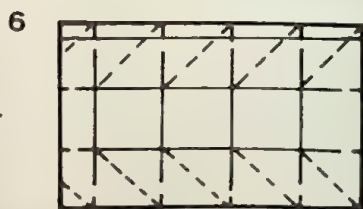
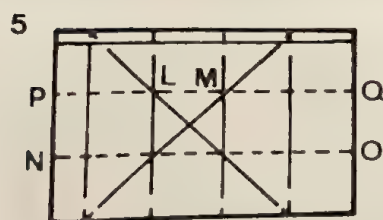
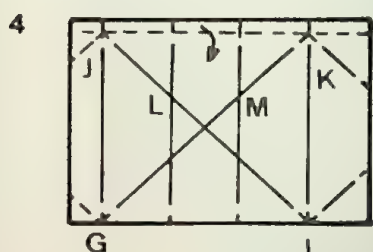
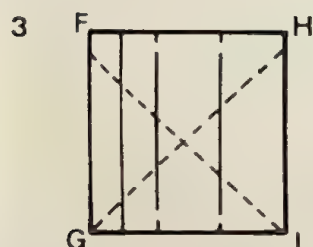
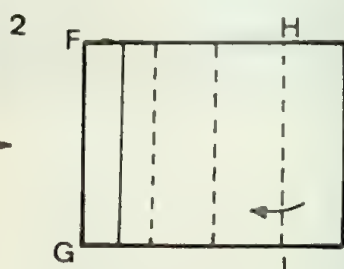
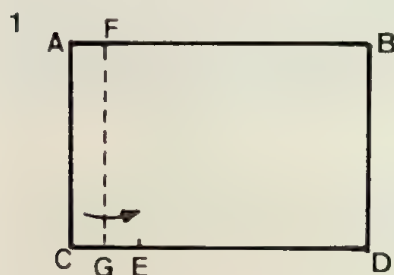


正六面体の折り方

15 図版説明

- 1…DをAに重ねてE点をきめ、CをEに重ねてFGで折ります。
- 2…4等分する折りすじをつけて、HIで折ります。
- 3…図のように45°の折り線をつけます
- 4…JKの線で折ります。GK、JIの延長

- 線を作っておいてから折ります
- 5…GIをLMに合わしてNOを、NOをKを合わしてPQの折りすじをつけます
- 6…さらに図のように折りすじをつけます
- 7…図のように折りかえして、折りすじ通りに折るを完成です



写真説明

47…折り出しをつけます

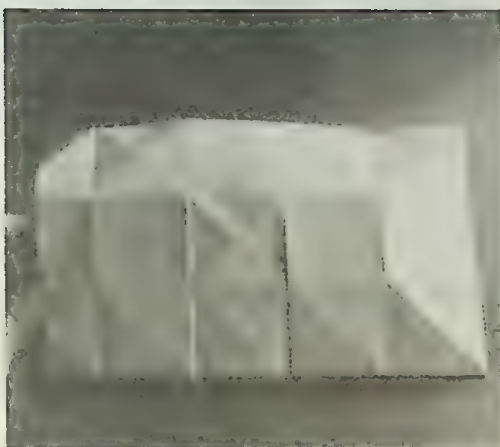
48…下の段を重ねていきます。

49…最後を重ね、さしこみます。

50…上の段も同じようにします。

51…できあがりです

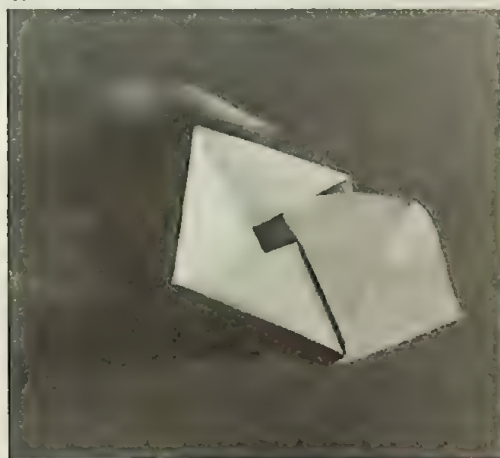
47



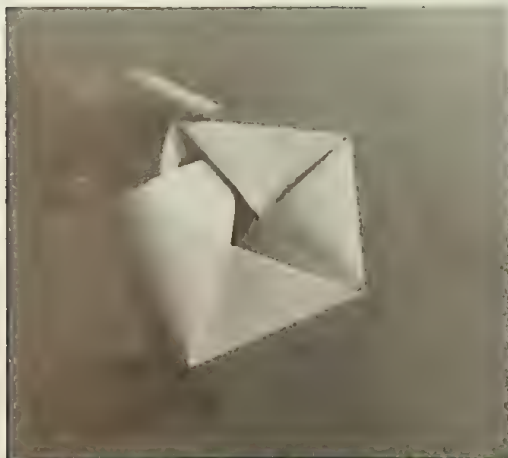
48



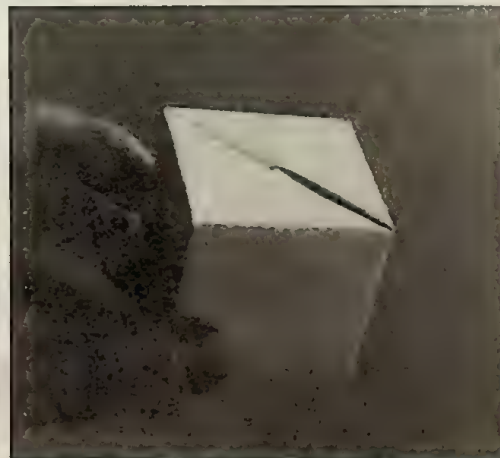
49



50



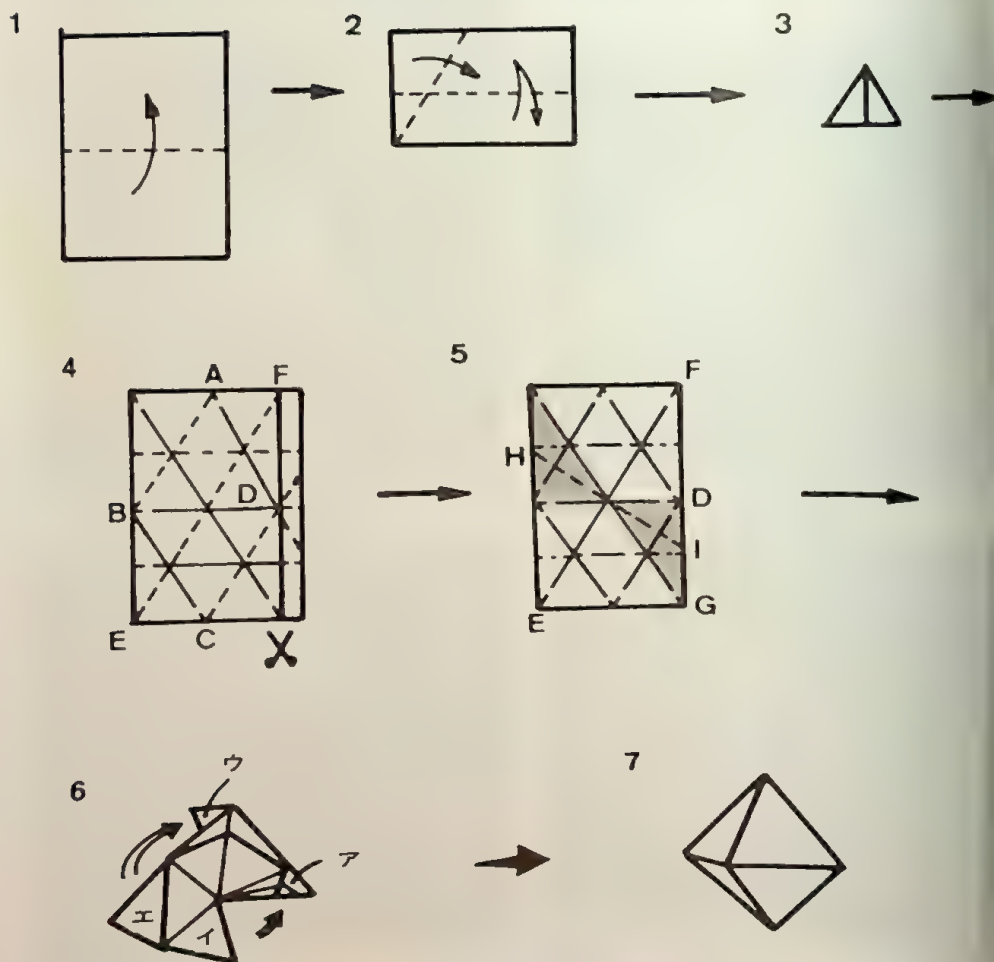
51



正八面体の折り方

16 図版説明

- 1…半分に折ります
- 2…正三角形にするための折りすじをつけ
↓
- 3…正三角形に折り込み
- 4…菱形A B C Dを含むようにF Gで
点線の部分を山折りにつけなおします
- 5…EをFに合わせてH Iの折りすじをつ
け
↓
- 6…重ね合わせ部分を重ねてアの下へエ
ウの下へエを差しこむと完成します



52



写真説明

52…折りすじをつけ、余分のところを切ります。

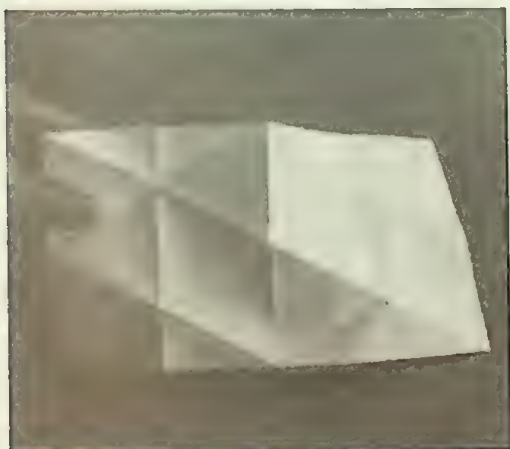
53…切りとったあとです。

54…折りすじをかえます。

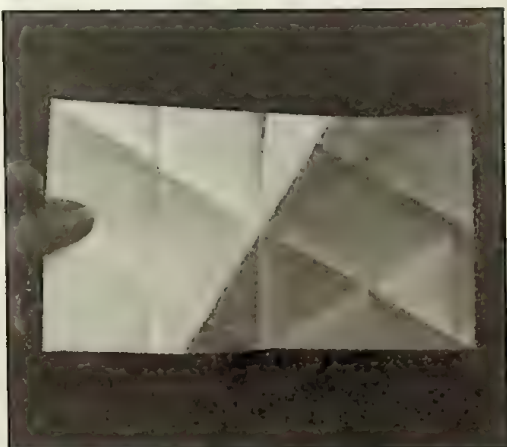
55…重ねしりを重ねます。

56…最後の重ねです。

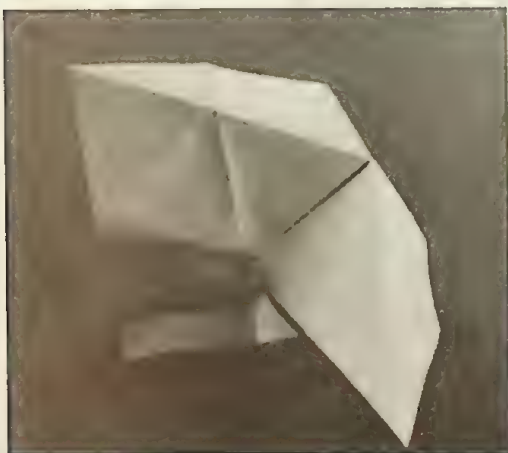
53



51



55



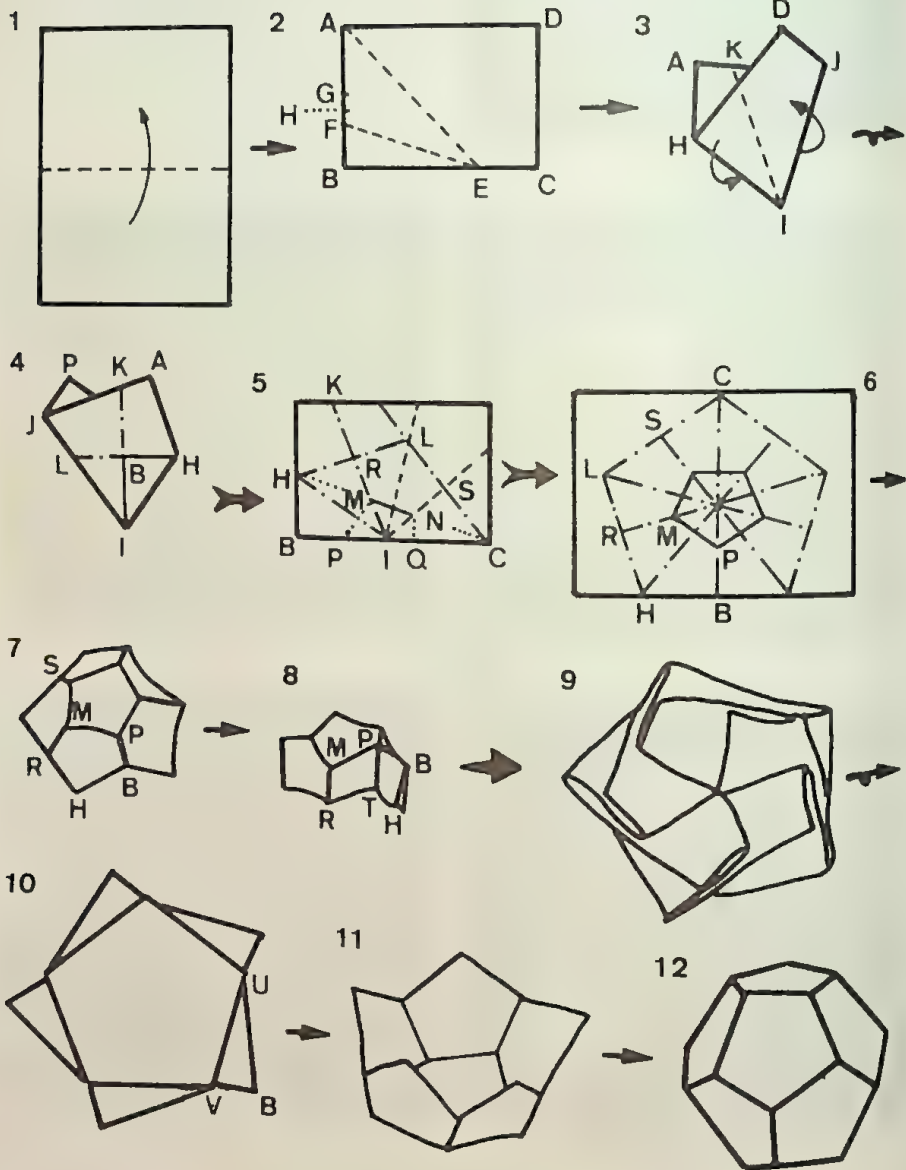
56



正十二面体の折り方(1)

17 図版説明

2...ABとADを重ねてE、AEとBEを重ねてF、AとBを重ねてG、GとFの中点Hをきめます。(次頁へ続く)

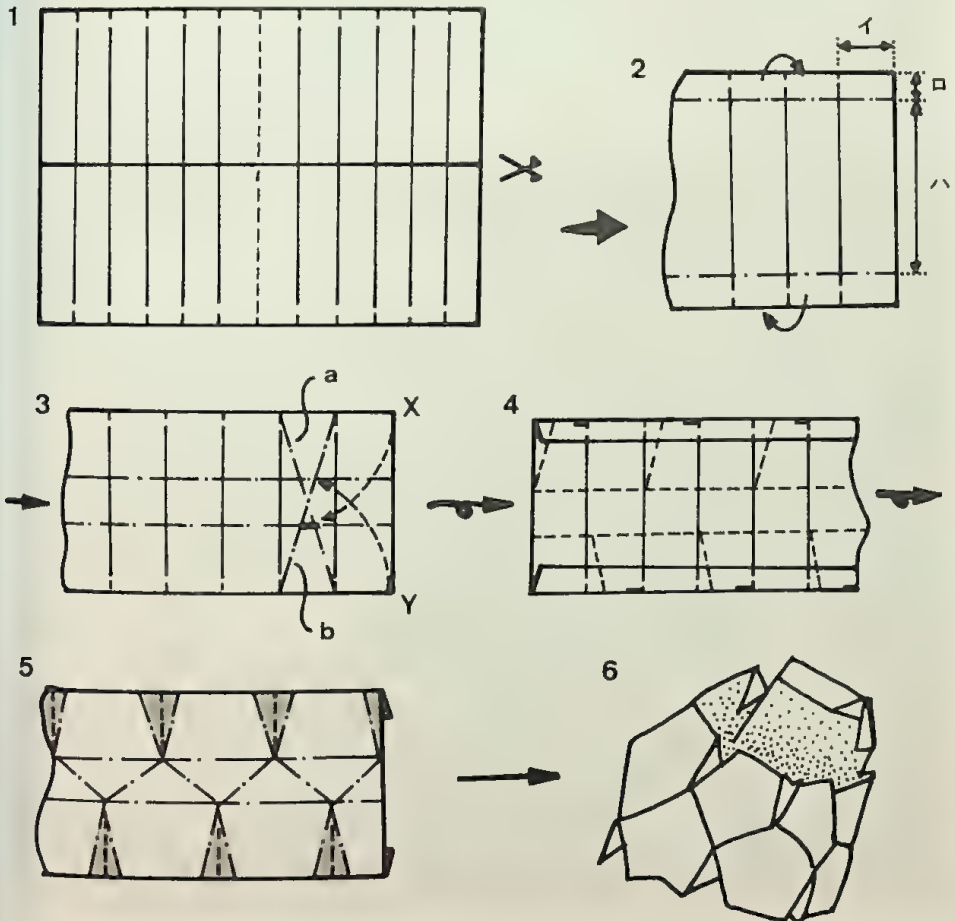


正十二面体の折り方(2)

- 3...CをHに重ねてI J、I JにC Iを重ねてI K、H Iの線で裏側へ折ります。
- 4...HBの延長線HLを作ります。
- 5...HCを結ぶ線でMNの折りすじをつけ、I Kで2つに折りMNの折りすじをMPに移し同じようにしてN Qをつけます。
- 6...外側の正五角形を折ります
- 7...内側の正五角形を山折りにします。
- 8...MRに平行になるようにP Tを折りますとHとRが同一線上にきます
- 10...UVBを折りこみます
- 11...2個同じものを作ってはり合わせます

18 図版説明

- 1...12等分し半分に切ります
- 2...イの長さの半分の長さロで折り、イの3倍の長さハで折ります。
- 3...Xを線a上にとった点及びYを線b上にとった点で折ります。
- 4...3で太線で表わした長さを図のようにとり、残りを半分割した点で折ります。
- 5...4のように折りすじをつけます。
- 6...輪にします。これを2個作って1個を中側にいれると正十二面体になります

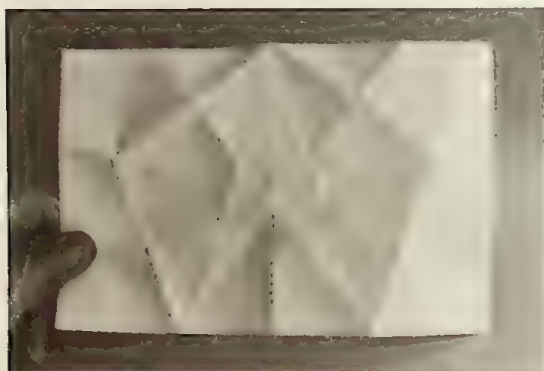


正十二面体の折り方(1)

写真説明

- 57...折りすじをつけます
 58...正五角形にします
 59...はしを折ります
 60...開いた折りすじです
 61...折りすじに沿って折ります
 62...重なるところです

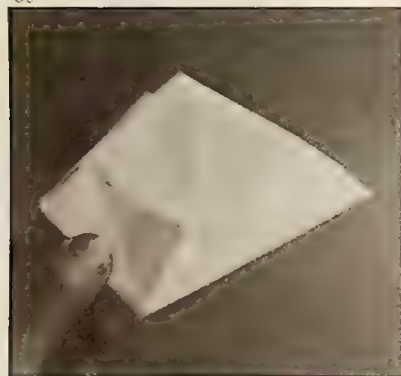
57



58



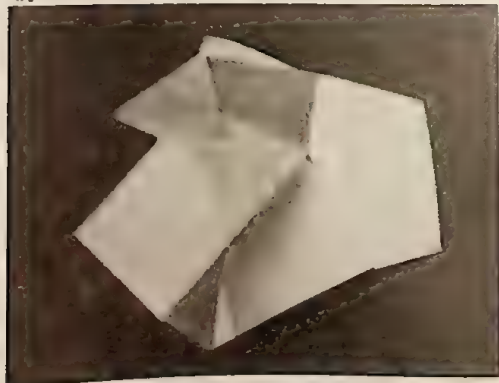
59



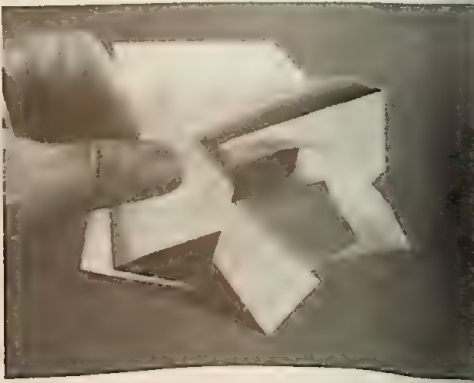
60



61



62



63…折り上がりの表。

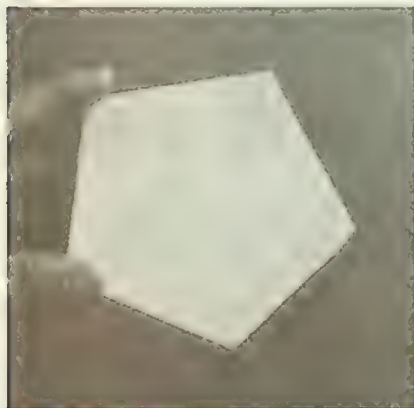
65…はしを折って五角形にします。

67…舟形の部分を重ねてふちの部分を作ります。(ふち折り)

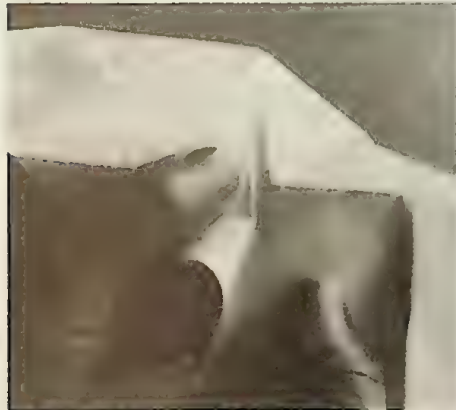
63



65



67

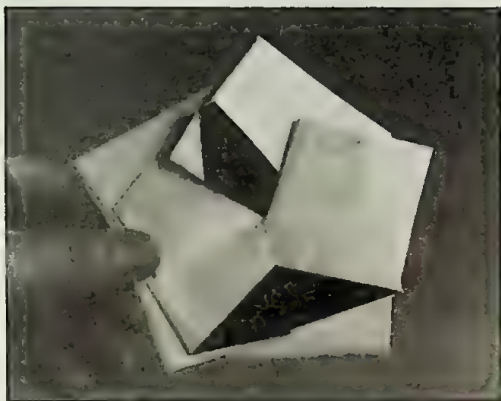


64…折り上がりの裏。

66…開いて舟形の部分を作ります。

68…ふちができます。重なり部分がもとの舟形の部分です。

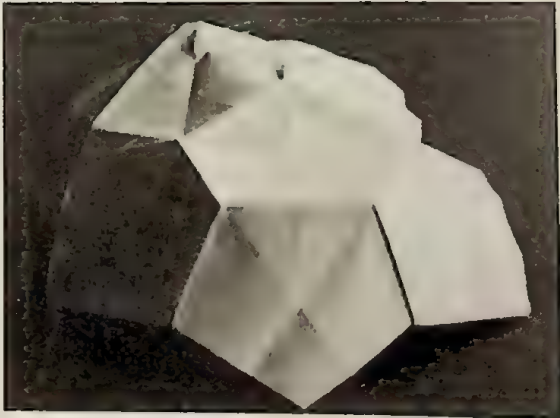
64



66



68



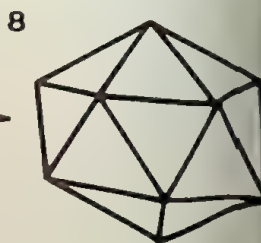
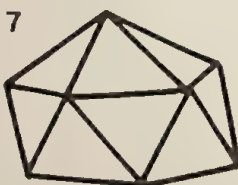
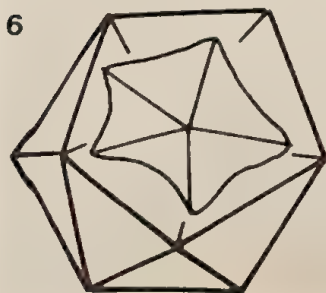
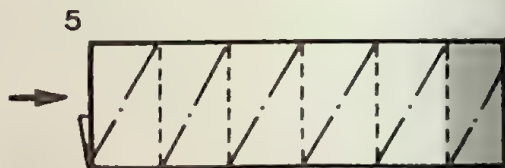
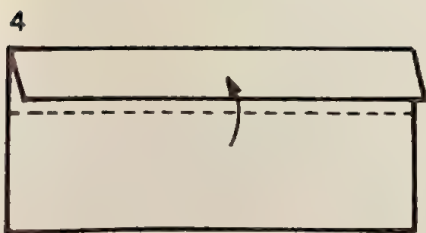
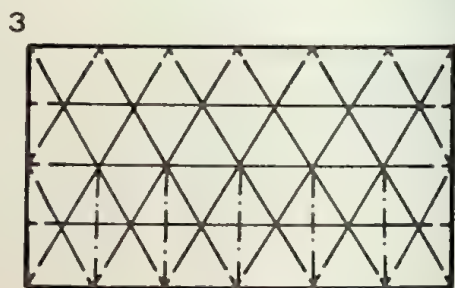
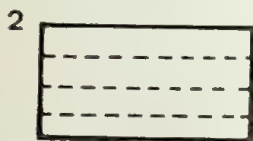
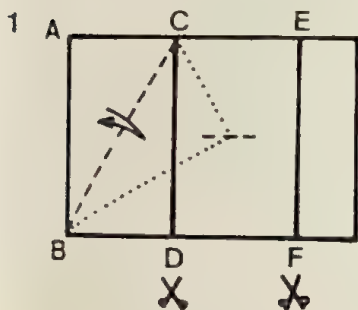
正二十面体の折り方

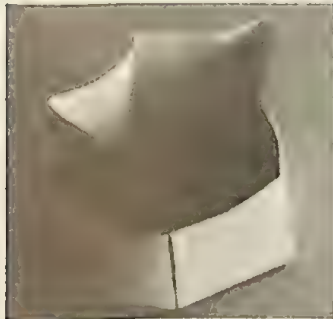
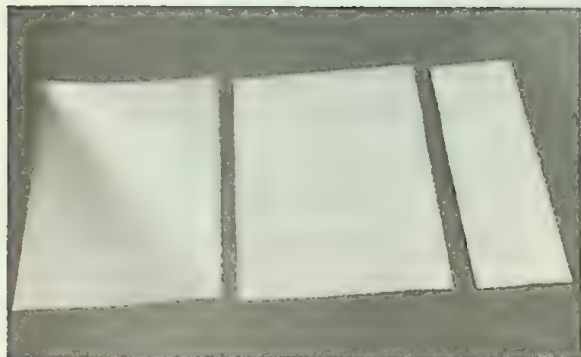
19 図版説明

- 1…Aを中線に合わせてC点をきめACに等しくCEをとってCD、EFで切ります
- 2…4つに折って正三角形の折りすじをつけます。
- 3…図のように折ります。
- 4…上から一段目の折りすじで折り、2段目の折りすじで折ります

の折りすじで折ります

- 5…図のように折ります。そして、三角形が2個になるように輪を作り、内側になった部分をねじったように折ります
- 6…中側の部分
- 7…これを2個作って重ね合わせると出来上がります





写真説明

69… 1 枚の紙から 2 枚を取ります。

70… 折りすじをつけます。

71… 横の線で折ります。

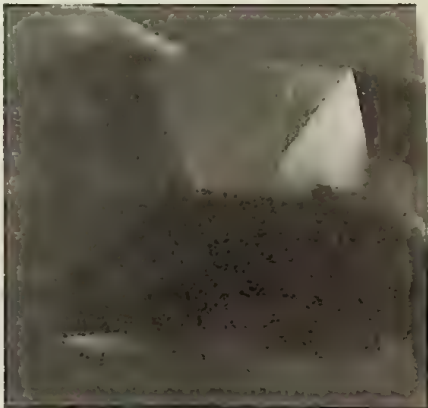
72… 輪にして重ねます。

73… 輪にした内側。

74… 内側をねじって折ります。

75… おしこむと出来上りです。

(註 立体にまとめる折り方をねじり折りと言います。)



2 個の輪を重ねて作る正六面体と正八面体

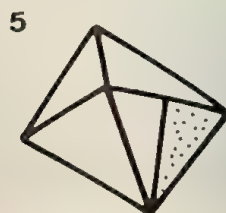
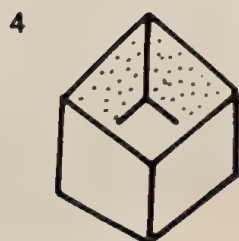
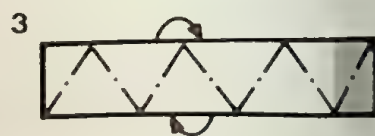
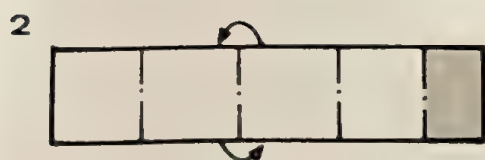
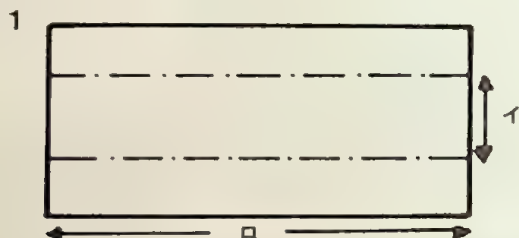
20 図版説明

正六面体

- 1…イ：口が1：4.5～5になるように折ります。
- 2…正方形が4個と重ねしろとに折り、重ねしろを重ねて輪にします。
- 4…同じものを2個作ってさしこむと完成です。

正八面体

- 1…イ：口が約1：4になるように折ります。
- 3…正三角形に折り、山折りに折りかえり、重ねしろを重ねて輪にします。
- 5…同じものを2個作って重ねると出来！です。



次に図形の性質について少しばかりふれておかなければなりません。立体図形の性質を扱ううえで非常に重要なものは、対称性です。正四面体を図21のようにおいて●—●の線のまわりを180°回転するともとの位置と全く同じになります。1回転させるあいだに等しくなる位置が2回あるので、このようなものを二回対称軸と言います。対称軸には

二回対称軸 180°回転 記号 ●

三回対称軸 120°回転 記号 ▲

四回対称軸 90°回転 記号 ■

五回対称軸 72°回転 記号 ◆

などがあります。そうすると、正六面体では図21の下のようにになります。二回対称軸が相対する稜どうしで計6本、三回対称軸は相対する頂点どうしで4本、四回対称軸は相対する面どうしで3本あります。このように正多面体のすべてについて数えてみると表のようになります。

この表をみると、正六面体と正八面体がよく似ていることがわかります。同じように正十二面体と正二十面体がよく似ていることがわかります。そこで、このような性質がわかるような立

体を折り紙で作ってみます。これらの立体は、各面がじょうごのように凹んでいますから、じょうご型正多面体とか凹型正多面体と呼ぶことにします。但し、この型の正二十面体は作れません。

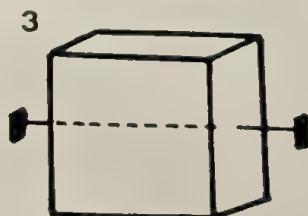
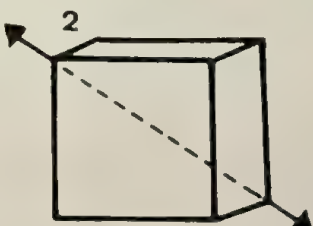
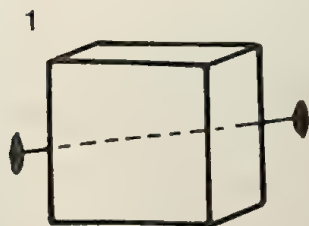
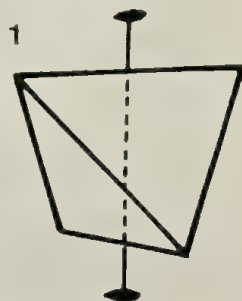
	正四面体	正六面体	正八面体	正十二面体	正二十面体
面の数	4	6	8	12	20
稜の数	6	12	12	30	30
頂点の数	4	8	6	20	12
対称の中心		1	1	1	1
二回対称軸	3	6	6	15	15
三回対称軸	4	4	4	10	10
四回対称軸		3	3		
五回対称軸				6	6

21 図版説明

1…二回対称軸

2…三回対称軸

3…四回対称軸

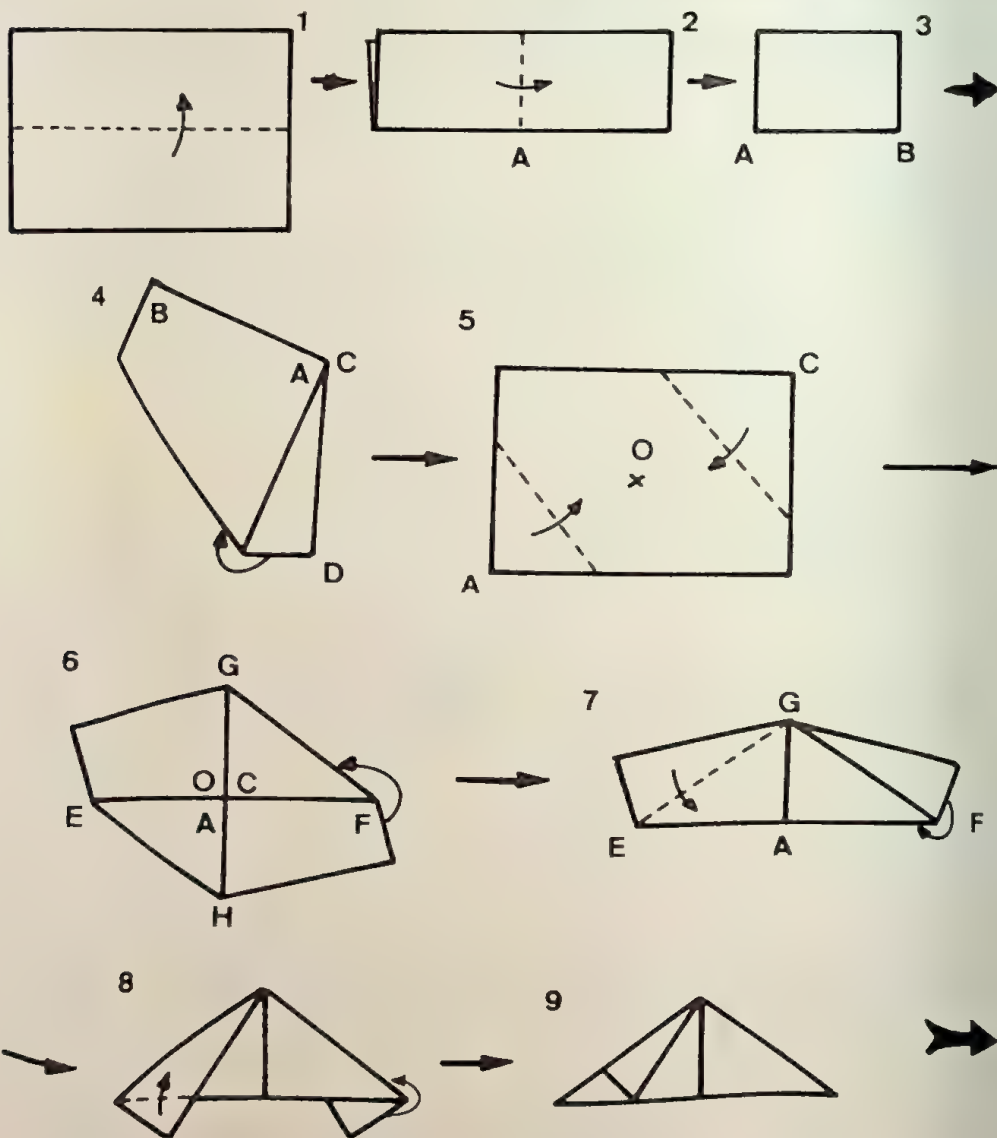


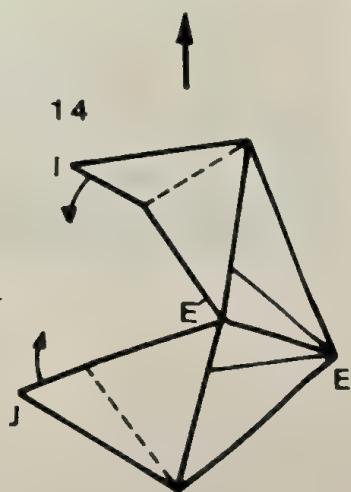
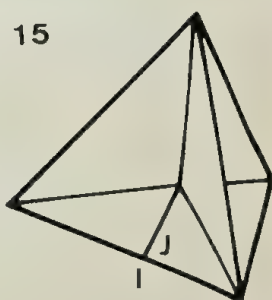
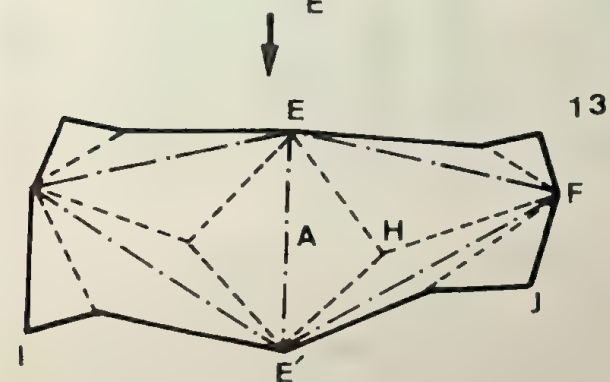
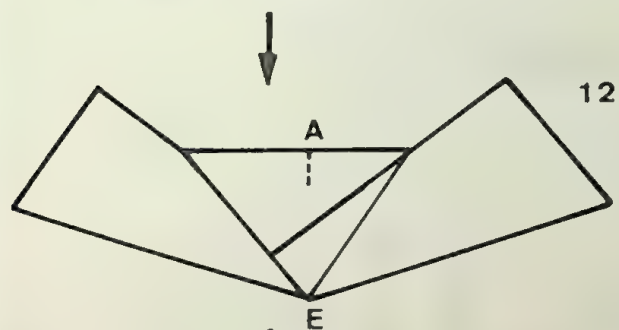
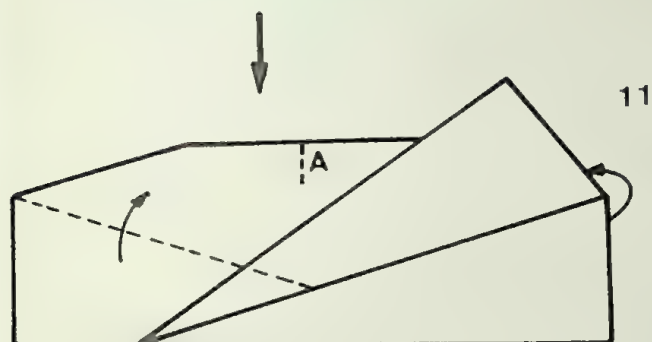
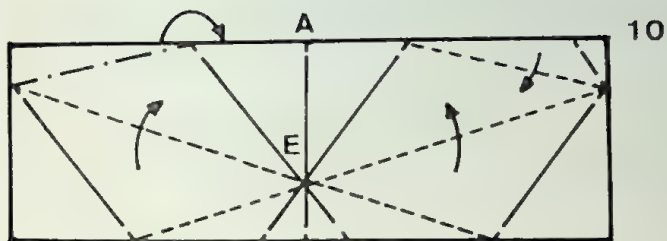
凹型正四面体の折り方

22 図版説明

1〜3…裏側になる部分からはじめます。まず
四つ折りにします。Aは紙の中心です
4……四つ折にした紙の中心Oをきめます。

5……AをO、CをOに合わせて折ります
6……GとHが重なるように折ります。
7〜9…[4]のように折ります。
10……ここに開き図のように折ります。次へーし。
11〜12…[4]のように折っていきます
13……Eを開いて舟の底になるようにします
14……IとJとを重ねて接着すると完成です。





凹型正六面体の折り方

24 図版説明

1~2...紙を4つ折にします。中心がO。

3.....中心点Pをきめて、Pに各頂点を合わせて折りすじをつけます。

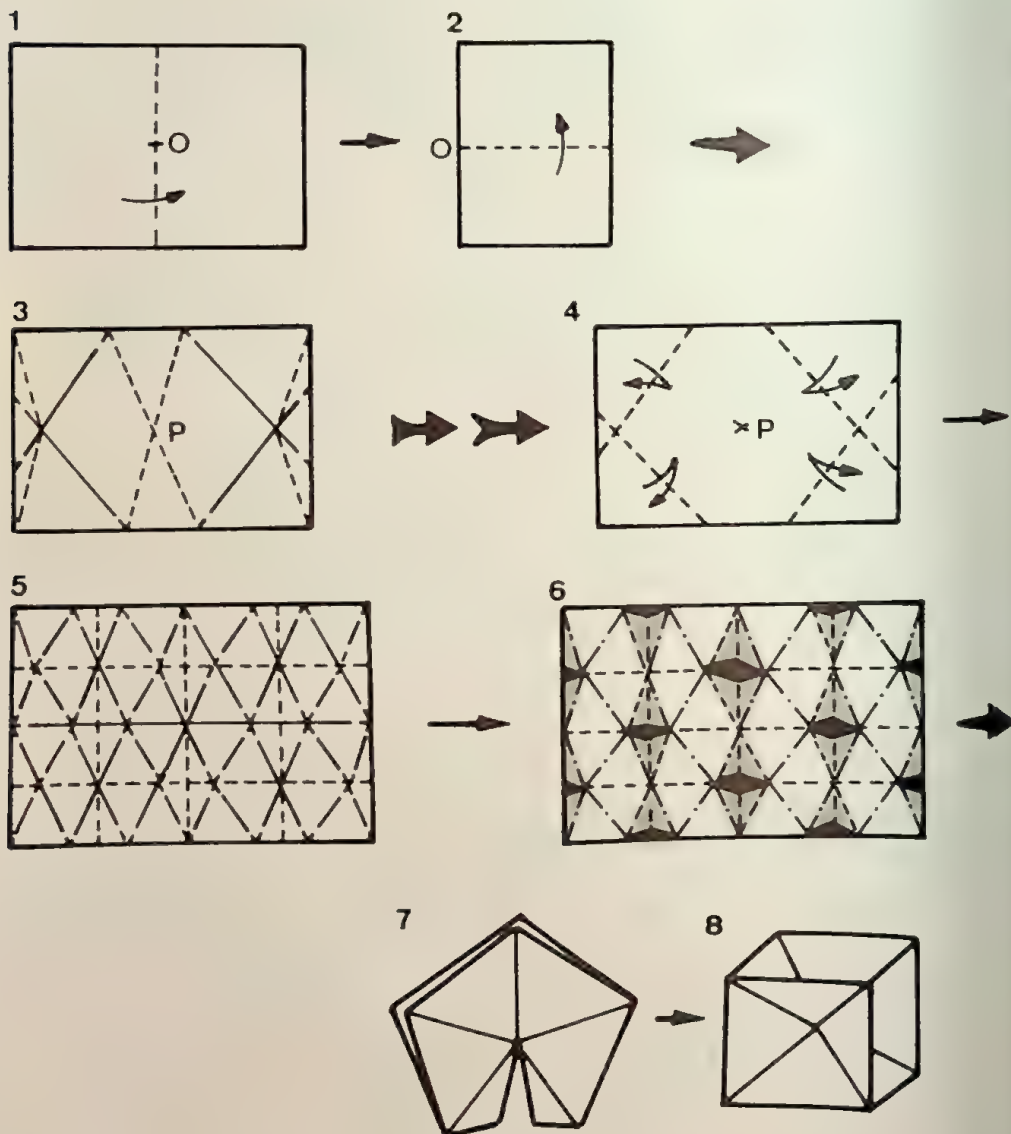
4.....さらに図のように折りすじをつけます

5~6...5の折りすじをつけて6のように折

かえます。重ねる部分を重ねてから

側から図の黒い部分を切りとります

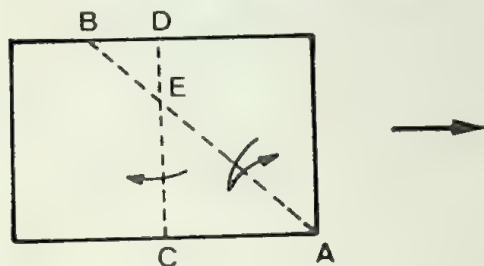
7.....一度折りたたんだ後、組み立てます



凹型正八面体の折り方

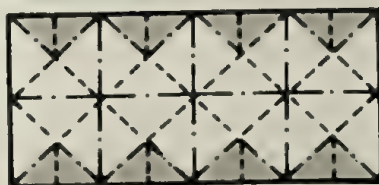
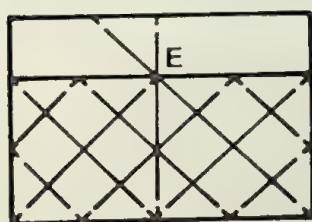
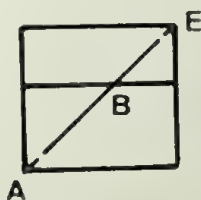
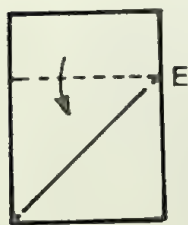
25 図版説明

- 1…15°の折り線ABをつけたのち、2等分して折ります。交点がEです。
- 2…Eを通る折りしをつけます。
- 3…BEかAEに重なるようにします。



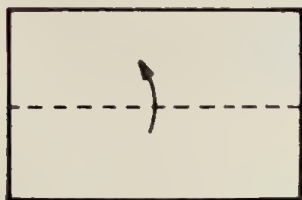
- 4…Eを通る線で切り落とし、正方形の折りすじをつけます。

- 5…図のような折りすじをつけて、重ねる部分を重ねてひとつの方向に折っていけば1つの頂点ができ、下側も同じようにして接着します。

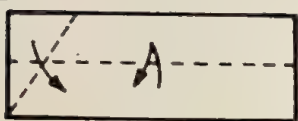


凹型正十二面体の折り方(1)

1



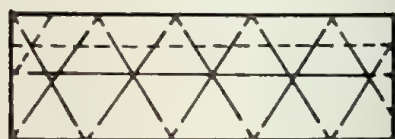
2



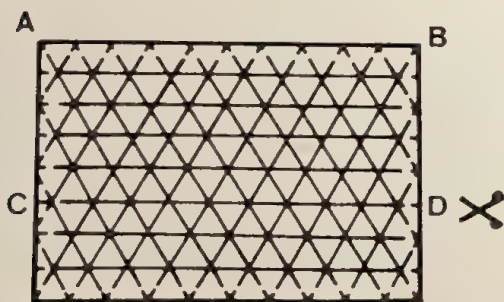
3



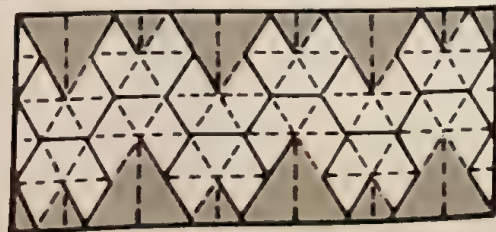
4



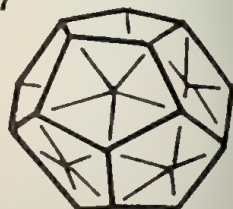
5



6



7



26 図版説明

- 1…半分に折ります。
- 2…さらに半分の折り目をつけて、正方形の折り目をついていきます。
- 3…もう半分の折り目をつけていきます。
- 4…さらに半分の折り目をつけていきます。
- 5…開いて、上から5段目のC Dの線で切ります。
- 6…図のように山・谷の折り目をつけて、重ね合わせを完成です。

凹型正十二面体の折り方(2)

27 図版説明

1~3...2つ折りした紙で正三角形に折り中心Aをききます。

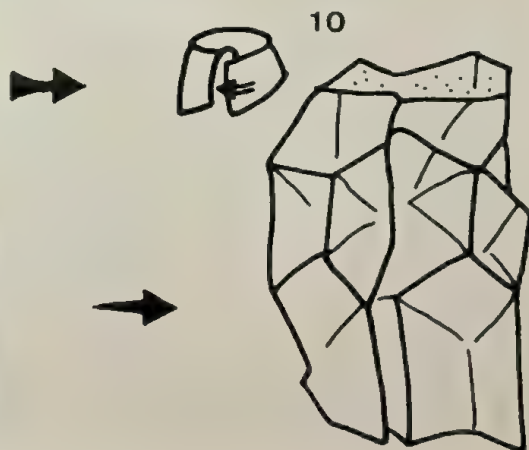
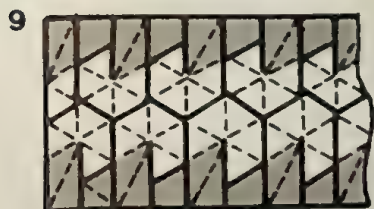
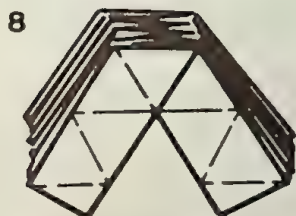
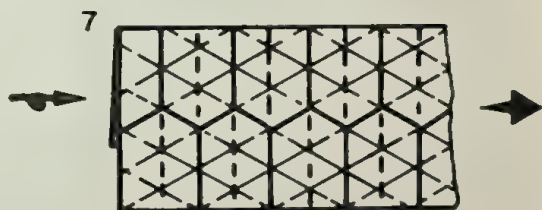
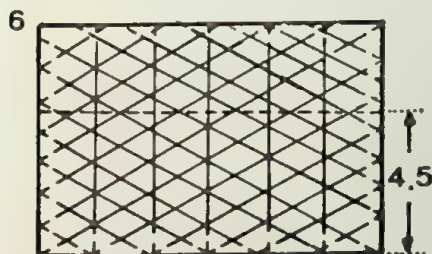
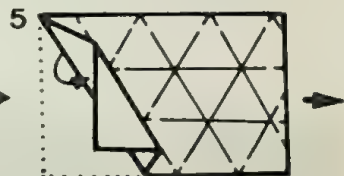
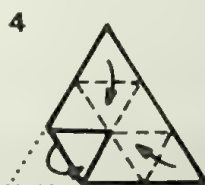
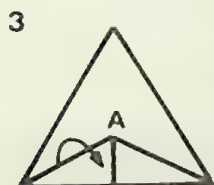
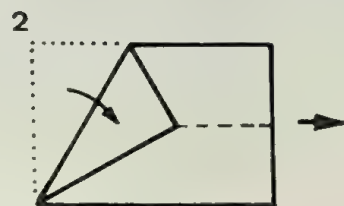
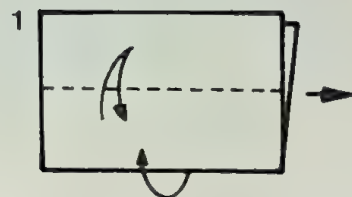
1.....Aに正三角形の各頂点を重ねて折り、3等分した正三角形の折りすじをつけます。

5.....さらに半分になります。

6.....下から4.5段のところで折ります。

7~9...図のように折りましをしっかりとつけていきます。

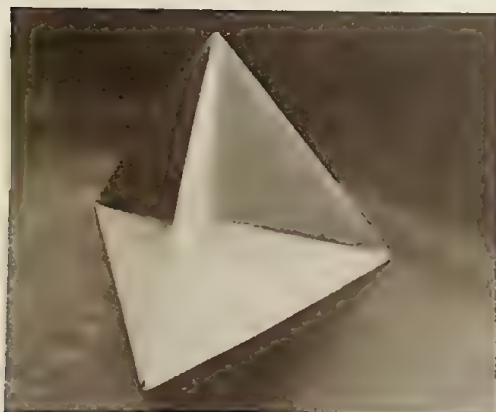
10.....はし部分を重ねて輪のようにし、重なる部分を重ねて完成します。



凹型の正多面体も正四面体からはじめることにします。凹型の正四面体の作り方は44ページです。凹型の正六面体は46ページ、凹型正八面体は47ページ、凹型正十二面体は48ページに作り方があります。また正二十面体を作っていて、頂点のところでへこませて凹型の正十二面体を作る方法もありますから試みて下さい。

凹型正多面体
76…凹型正四面体
77…凹型正六面体
78…凹型正八面体
79…凹型正十二面体

76



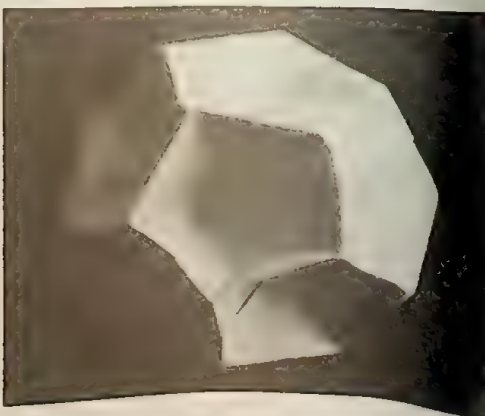
77



78



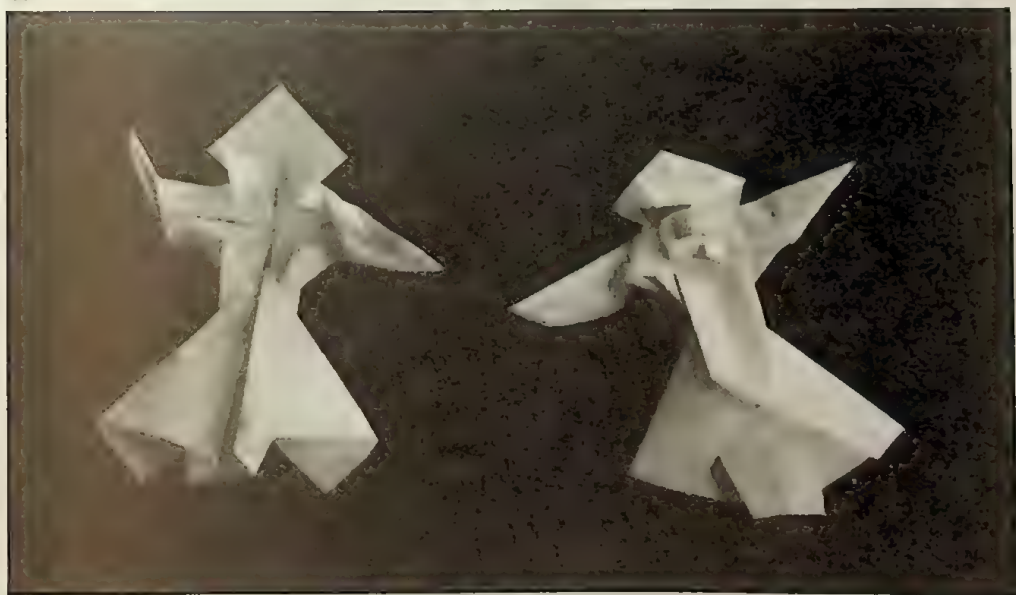
79



デカンショのコーナー

酒席で必ずといっていいほどよくうたわれる民謡にデカンショ節があります。デカンショはデカルト・カント・ショーペンハウエルのことだという説もありますが、デカンショの里「丹波ササヤマ」では、彼等三大哲学者とは関係なく、毎年8月16～18日に盛大に歌って踊りあかすのです。その数、十万ともそれ以上ともいわれますが、山奥の代名詞である丹波ササヤマも時ならぬにぎわいを見せるのです。

ここでは、このデカンショ踊りの姿を作ってみることにします。だいたい踊りの姿は似たようなものですから、多少の変化をつければ、阿波踊りにも、全国各地のいろんな踊りの姿にもなります。

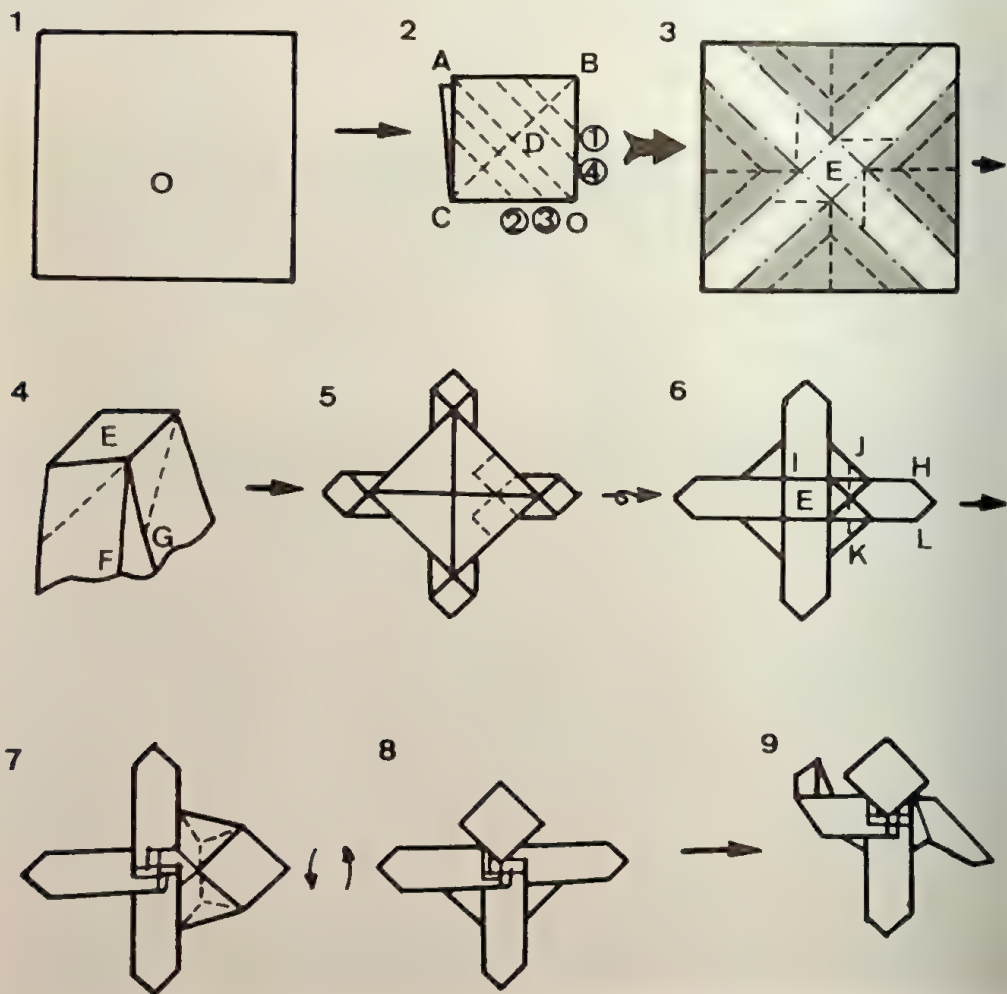


デカンショ踊りの折り方

28 図版説明

- 1…正方形の紙を4つに折ります
- 2…紙の中心がOで、AO、BCの交点DにBを合わせて①、Cより②、Cを①に合わせて③、Bを②に合わせて④の折りすじをつけます
- 3…折りすじをたしかめて重ねます。
- 4…Eの部分を上にして箱型にし、Fの線とGの線を重ねて折ります。Eのまわりを全部ねじるようにして重ねます

- 5…裏側を開き、折すじをたしかめます
- 6…HをIに合わせてJKを折ります
- 7…Eの部分で箱型にし、帯を作り、HとLで正方形の部分を作ります
- 8…両手を適当に折らして仕草に変化をつけ、余分なところを裏側に折りこみます
- 9…その変化をいろいろ河波踊になります

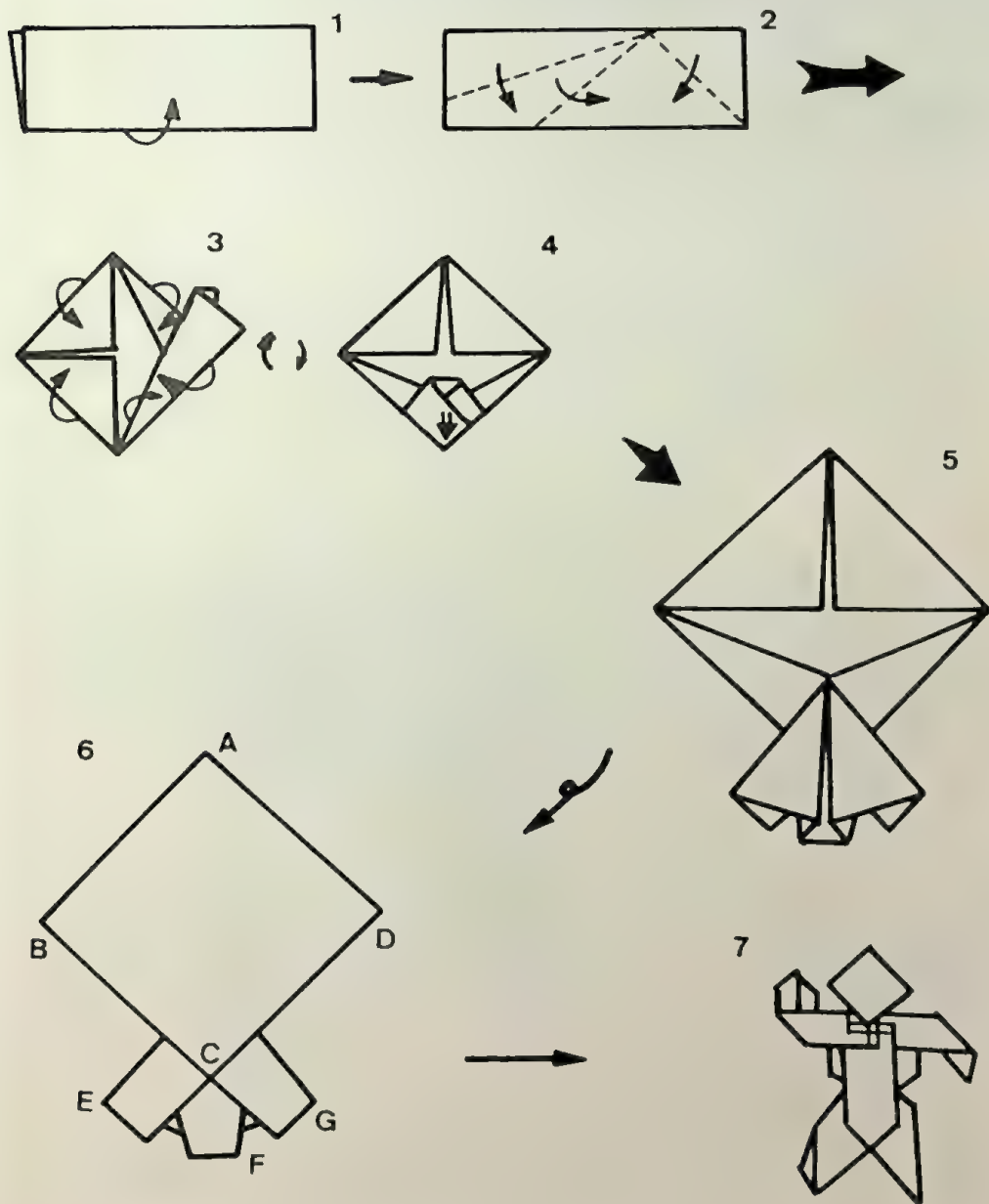


デカンショ踊りの折り方

29 図版説明

1……長方形の紙を2つに折ります。

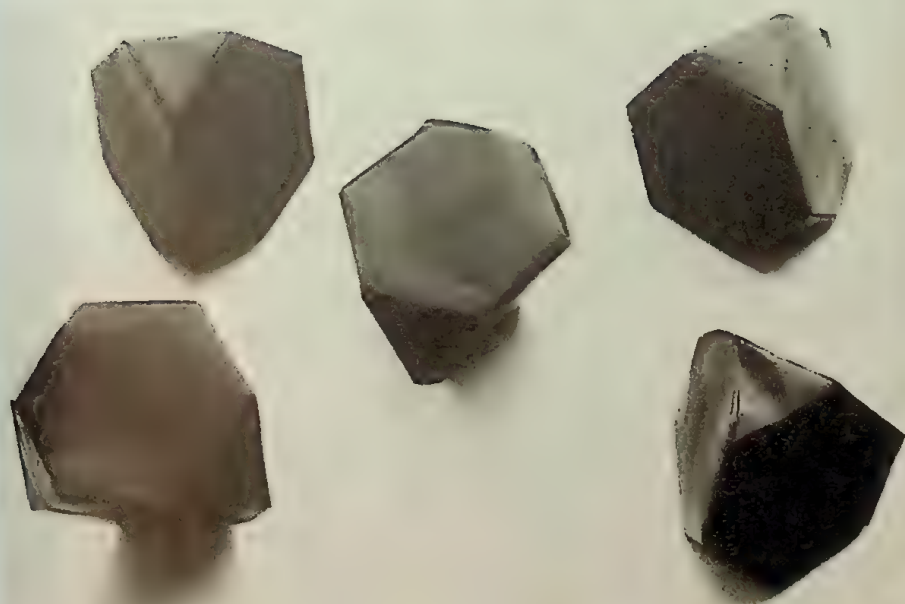
2～6…上部で斜めに正方形を取り、下部で図のように足の部分を作ります。正方形のA B C Dで踊りの部分を作り、E F Gの部分で立つようにします。



第三章

正多面体の切断

81



正多面体は5個しか存在しませんがそこに神秘性を感じるかどうかは別として、この5個の正多面体に種々の手を加えてみるとまたちがった立体が出現します。そして、そのことを通して立体どうしの相互関係や立体の性質が浮かびあがってくるから不思議なものです。正多面体に手を加えて性質を調べたのはアルキメデスという、これもギリシャの人だということになっています。そのため、正多面体に加工をほどこした立体のいくつかにはアルキメデスの立体という名前がついています。正多面体に加工したものですから半正多面体とも呼ばれています。

例をあげると、正四面体の4つの頂点を切りとって同じ大きさの正三角形の切口になるようにすると、正三角形4、正六角形4面で囲まれた立体ができます。この立体を正四面体の頂点を切って作った立体なので、切頭四面体と呼びます。又の名が等稜八面体です。この立体も一枚の紙で作れるので62ページを見て作って下さい。

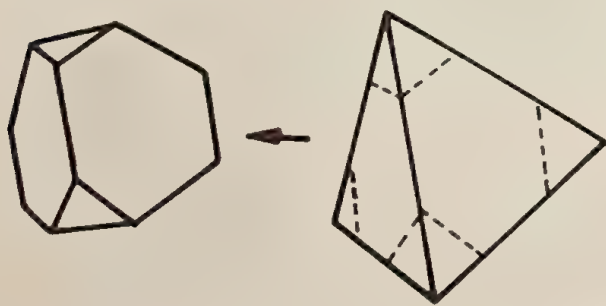
正六面体を同じようにして切ると、正三角形8面、正六角形6面で囲まれ

た切頭六面体ができます。

正八面体の場合は、正方形6面、正六角形8面で囲まれた切頭八面体ができます。作り方は63ページです。

正十二面体を切ると、正三角形20面、正六角形12面の切頭十二面体、正二十面体を切ると、正五角形12面、正六角形20面で囲まれた切頭二十面体、又は等稜三十二面体ができます。この立体はサッカーボールやソ連が月へ送ったペナントの形であることを覚えておられる人もあることでしょう。この立体も一枚の紙で作れます。作り方は64ページです。これらの立体は切頭四面体以外是一部凹面になりますが一枚の紙で作るためにはしかたがありません。

立体の稜の途中で切らずに、稜の midpoint で切ると正四面体からは正八面体ができます。正六面体と正八面体からはどちらも正三角形8面、正方形6面で囲まれた立体の等稜十四面体、又は立方八面体になります。一枚の紙で作るときは65ページです。同じように、正十二面体と正二十面体からも同一の立体である正三角形20面、正五角形12面で囲まれた等稜三十二面体ができます。

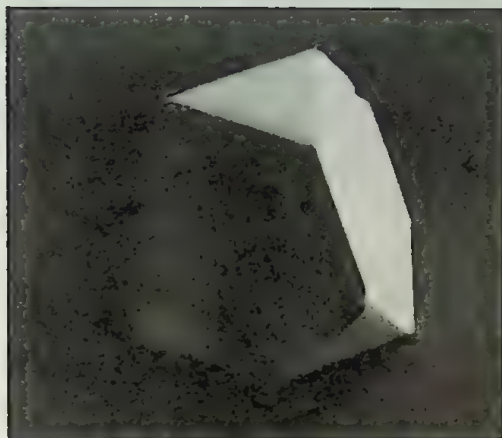


30 図版説明

正四面体を切ると切頭四面体ができます。

- 82...切頭四面体
83...切頭八面体
84...等棱十四面体
85...切頭十二面体
86...等棱三十二面体

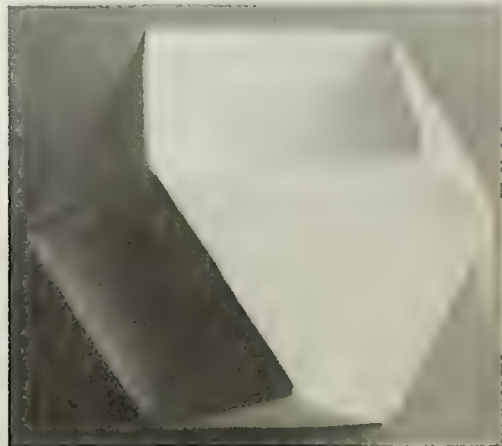
82



83



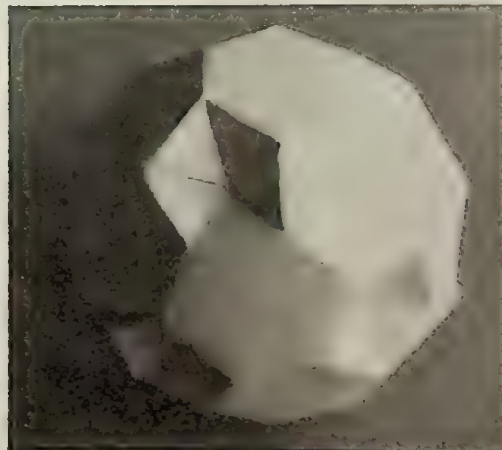
84



85



86



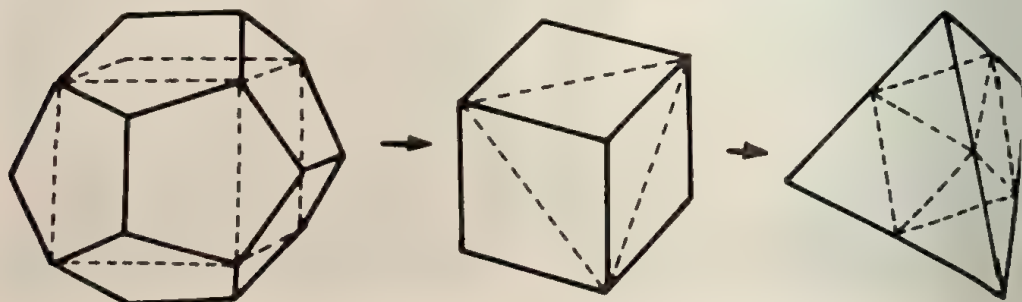
この立体を一枚の紙で作るには64ページを見てもらいます。

まえに、対称性のところで正六面体と正八面体の類似性と正十二面体と正二十面体の類似性を知ったわけですがそのことは、手を加えてもやはりはつきりしているわけです。61ページの図と下表を見てもらうとわかりますが、稜の途中で切断するとものの正多面体の面はすべて正六角形になり、頂点は三角形か正方形か正五角形のいずれかになります。また、稜の midpoint で切ると

	正多面体	正四面体	正六面体	正八面体	正十二面体	正二十面体
稜の途中で切断	正三角形の数	4	8		20	
	正方形の数			6		
	正五角形の数					12
	正六角形の数	4	6	8	12	20
中点切断	正三角形の数	8	8	8	20	20
	正方形の数		6	6		
	正五角形の数				12	12

31 図版説明

正多面体間の関係を表わします。左はしの正十二面体を切ると正六面体になり、正六面体からは正四面体、正四面体からは正八面体ができます。



正六角形の面はできなくて、正多面体と同じ正三角形、正方形、正五角形の組み合わせになります。そして、正六面体と正八面体からは同じ立体ができ、正十二面体と正二十面体からも同じ立体が作り出せます。

このような立体はいずれも正多角形の面で囲まれているのが特徴です。このような立体を正多面体を切断することによっていくつも作ることができませんが、一枚か二枚の紙を折って作ることはできないので省略します。

正多面体を稜の途中や、稜の midpoint のところで切ると、正多角形で囲まれたいくつかの立体ができるわけですが、こんどは頂点のところで切った場合を考えることにします。

正六面体を3個の頂点を通るように切ると正三角形ができます。したがって、正六面体を切って正四面体にすることができるわけです。図31。

同じように、正十二面体も頂点を通るように切ると正六面体になります。この正十二面体を正六面体にするために切り取った部分の立体を66ページのように作ることができます。また正十

二面体は切り方をかえると正六面体とは別の変った二十面体ができます。これも67ページのように一枚の紙で作ることができます。

正二十面体を正十二面体にするためには平面ではなくて複雑な切り方をする必要があります。正二十面体から切りとった立体の作り方は66ページにあります。

写真説明

87…正十二面体から切りとった部分。この立体の底面が正方形になっています。

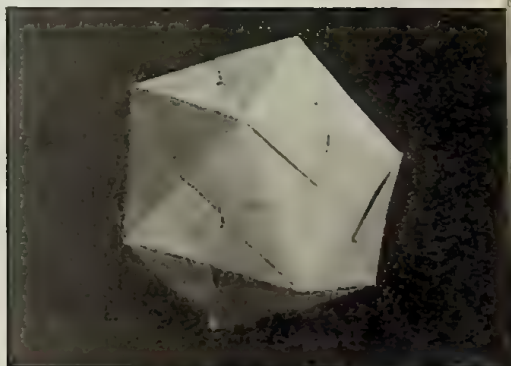
88…正二十面体を正十二面体にするための切り取り線を示します。

89…正二十面体から切りとった部分。底面が正五角形になっています。

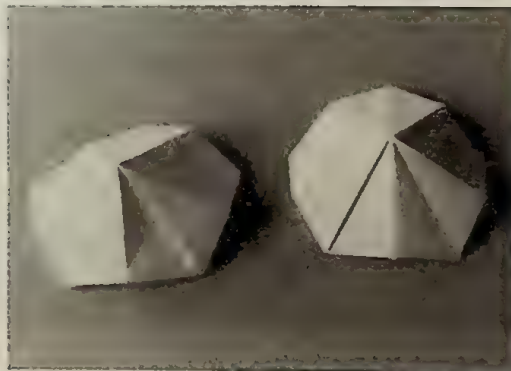
87



88



89



(次頁)

32 図版説明

正多面体を切断してできる立体

左は正多面体

中は途中で切断してできる立体

右は稜の midpoint で切断してできる立体

写真説明

正四面体を半分に切った立体の作り方

90…正四面体を作る途中の折り。

91…半分に折ります。

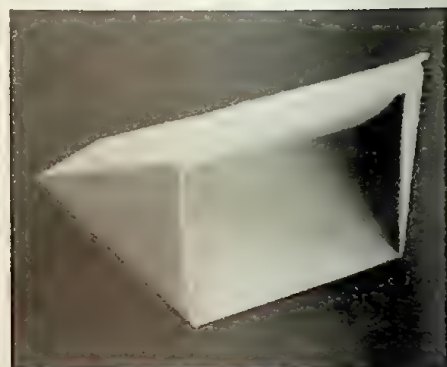
92…正四面体と同じように差しこみます。

93…同じものを2個作って重ね合わせると正四面体になります

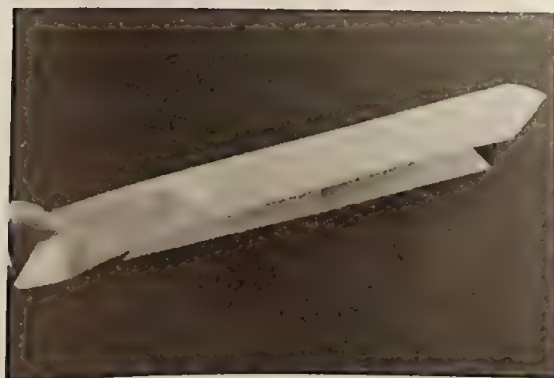
90



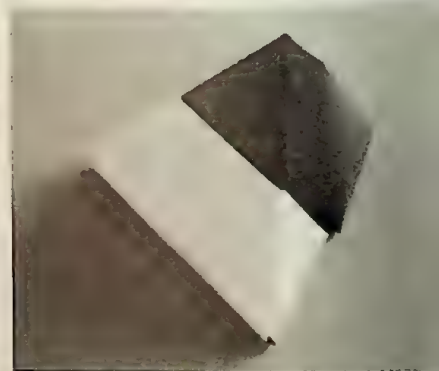
92

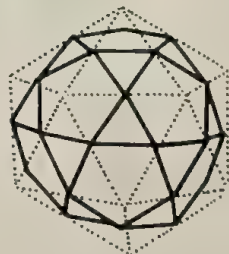
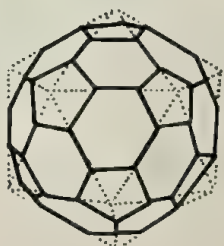
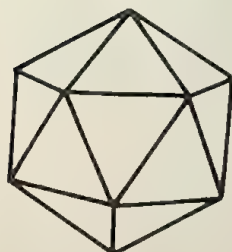
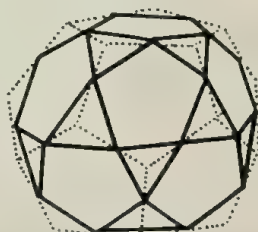
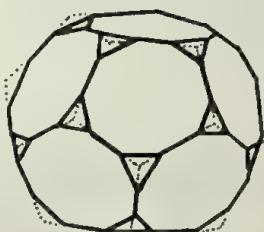
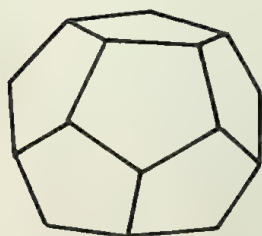
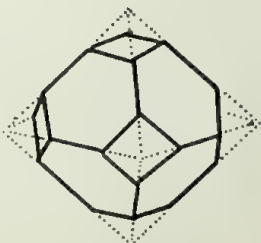
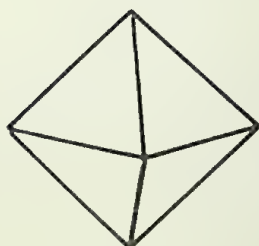
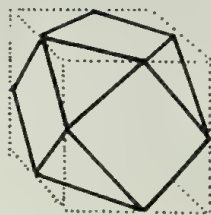
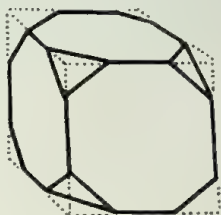
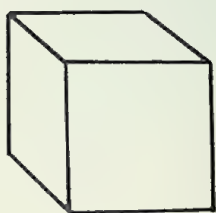
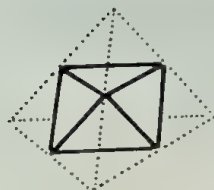
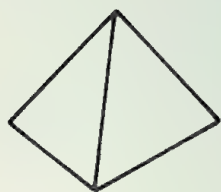


91



93



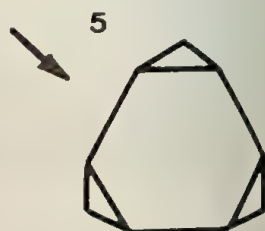
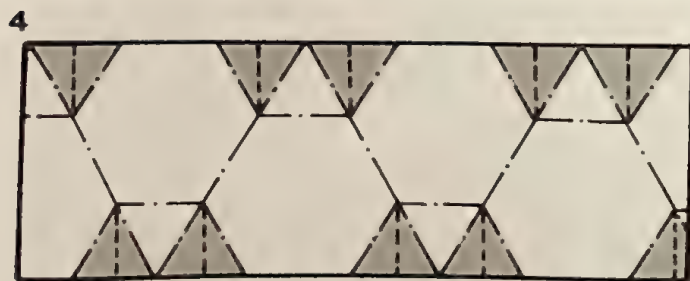
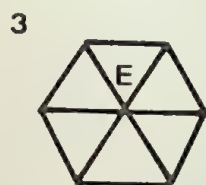
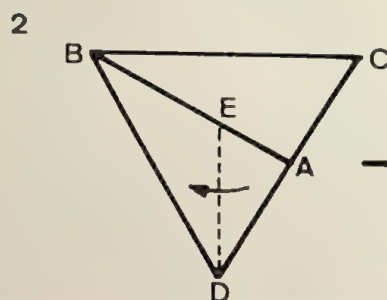
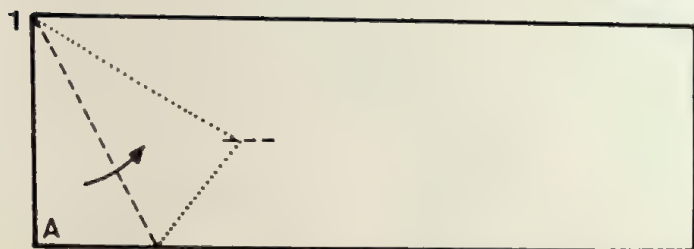


切頭四面体の折り方

33 図版説明

(紙型2/2:1)

- 1…細長く半分にした紙の中線をとって、Aを中線に合わせ折る、折りすじに合うように細かい折りをして正三角形になるまで折ります
- 2…ADをBDに合わせEをきめます
- 3…Eに各頂点を合わせて折ります
- 4…これまでの折りすじをすべて山折りとし、重ねる部分を作り、両端を接着すると出来上がりです



切頭八面体の折り方

34 図版説明

(紙型2/2:1)

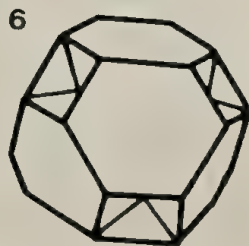
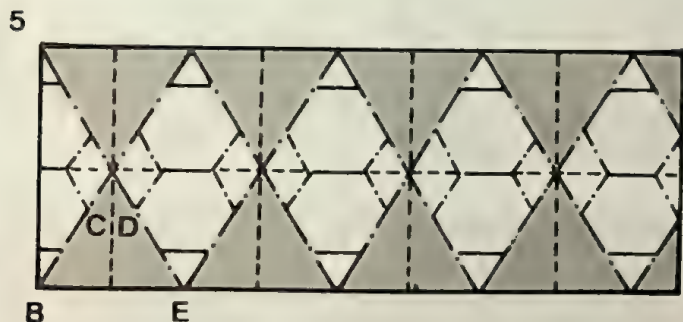
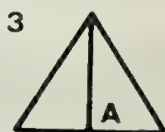
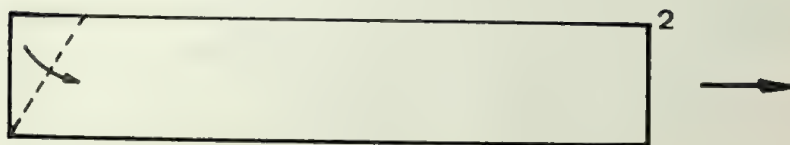
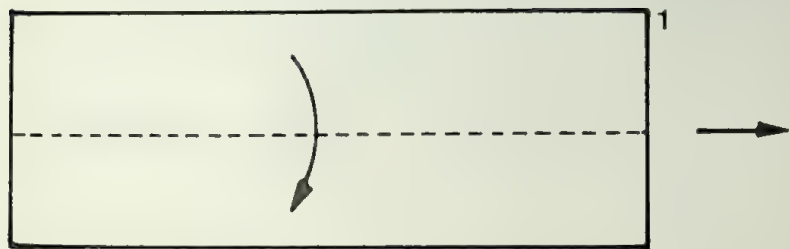
1…よこ長の紙を半分に折ります。

2…正三角形の折りすじを作ります。

3…重ねた正三角形の中心Aを求めます。

4…Aに各頂点を合わせて折ります。

5…六角形のまわりの小三角形の部分が凹の四角形になるようにします。重ね合わせる部分が多くて最後のまともが出来にくいので、BCDEと同じところを切りとってできます。



切頭二十面体・等稜三十二面体の折り方

35 図版説明

(紙型2/2: 1)

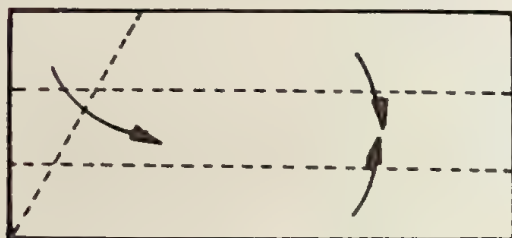
1~3...ここに半分に切った紙を3等分して正三角形の折りすじをつけます。

4...さらに各折りすじを2等分した折りす

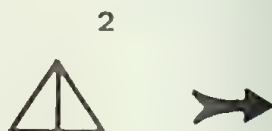
じをつけます。

5...さらに各折りすじを3等分した折りすじをつけます。

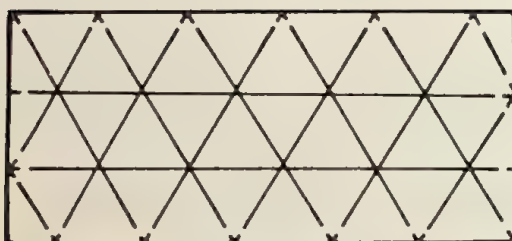
6~7...4のように折りすじをつけたおし、両端を接着させると仕上がります。



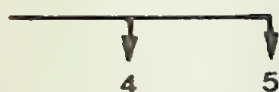
1



2

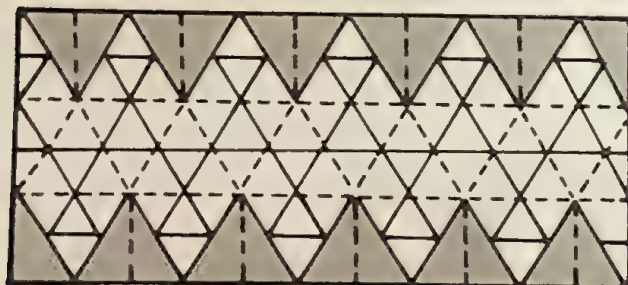


3

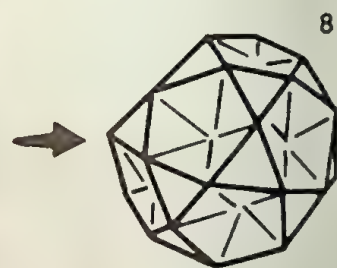


4

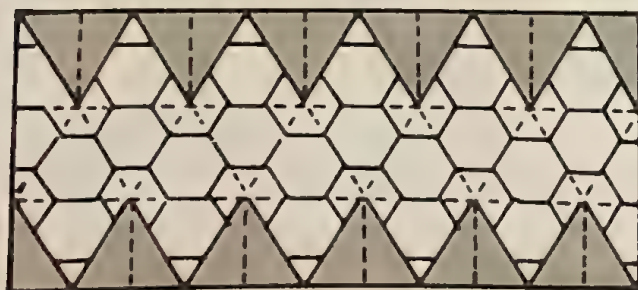
5



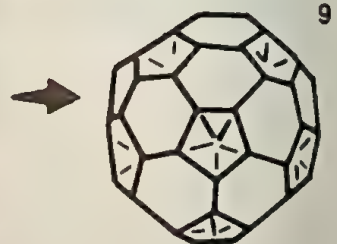
6



8



7



9

等稜十四面体の折り方

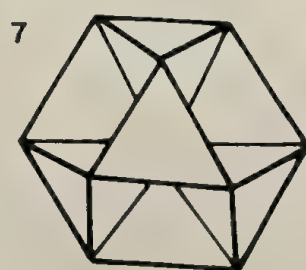
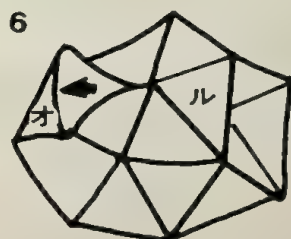
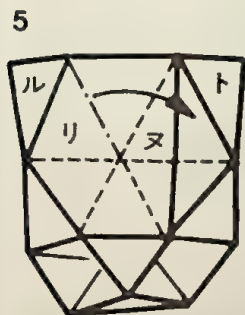
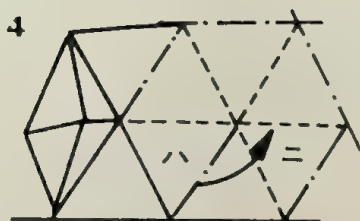
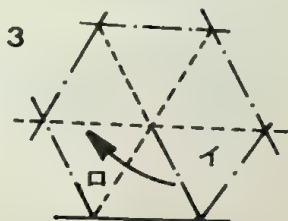
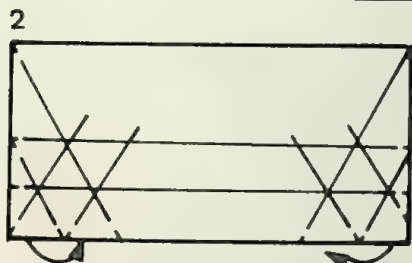
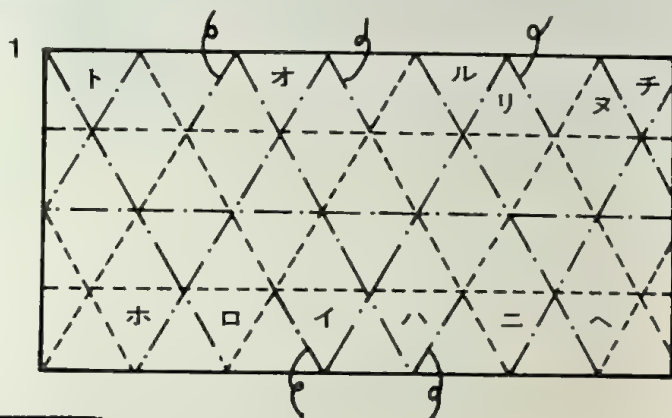
36 図版説明

(紙型 1 : 2)

- 1…(4)のように折りすしをつけます。
- 2…両下すみを折ります。
- 3…イを口の土に重ねて四角錐のようなへこ

みを作ります。

- 4…同様にハをニの上に重ねます。
- 5…ホをヘの上に重ねて四角錐のくぼみをつくり、トをチの上に重ねます。
- 6…リをヌの上に重ねて四角錐のくぼみを作ります。
- 7…ルをオの中にさしこむと完成です。

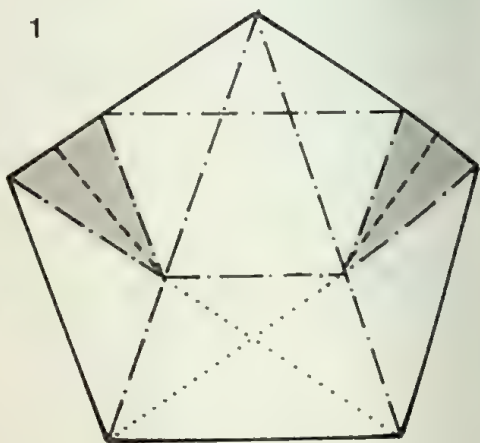


正十二面体の一部と正二十面体の一部の作り方

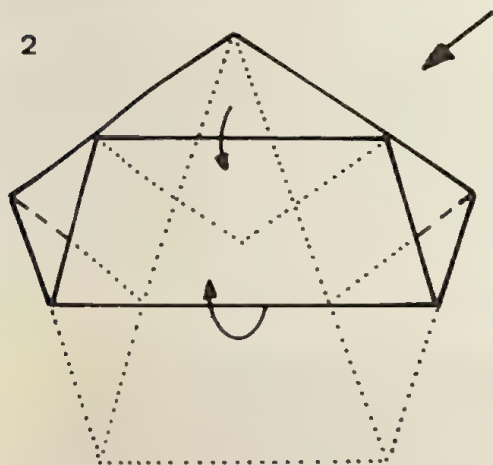
37 図版説明

- 1…正五角形を作って図のように折りすじをつけていきます。正五角形の作り方は177ページです。
- 2…折りすじのつけ方
- 3…折りあげて接着すると出来上りです。これを6個作って組み立てると正十二面体になります。
- 4…正六角形を作って、図のように折って重ねるを重ねます。正六角形の作り方は176ページなどにあります。
- 5…これを12個作って組み立てると正二十面体になります。

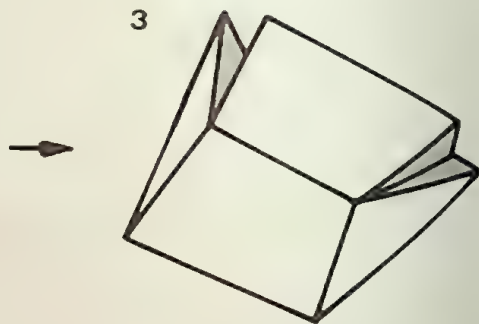
1



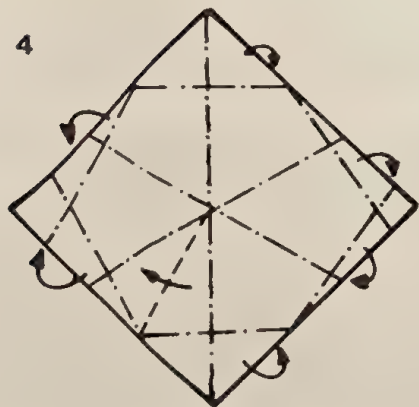
2



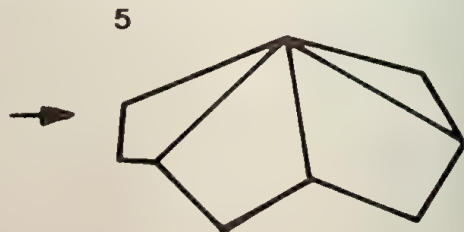
3



4



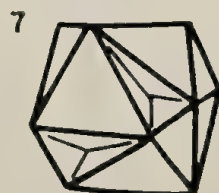
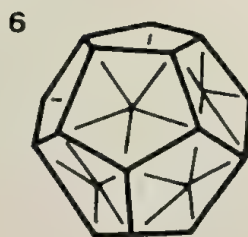
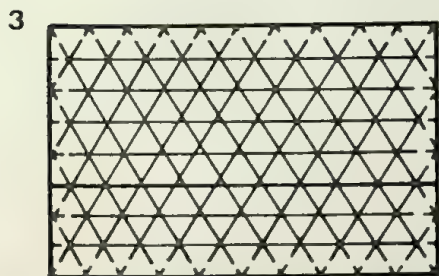
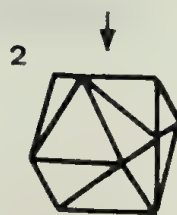
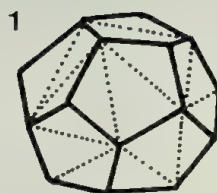
5



二十面体の折り方

38 図版説明

- 1…正十二面体を図4のように切断面が正三角形になるように切ると、正三角形8、二等辺三角形12で囲まれた立体ができます。
- 3…そこで、正十二面体を作る折りすじを作ります。
- 4…正十二面体の折りすじ
- 5…1の仮想線のように折りすじをつけます。
- 6…正十二面体
- 7…二十面体



1



2



3



立体の切断面を簡単に作る方法

39 図版説明

立体を切断すると切断面が様々な多角形になります。それを簡単に作るには次のようにします。

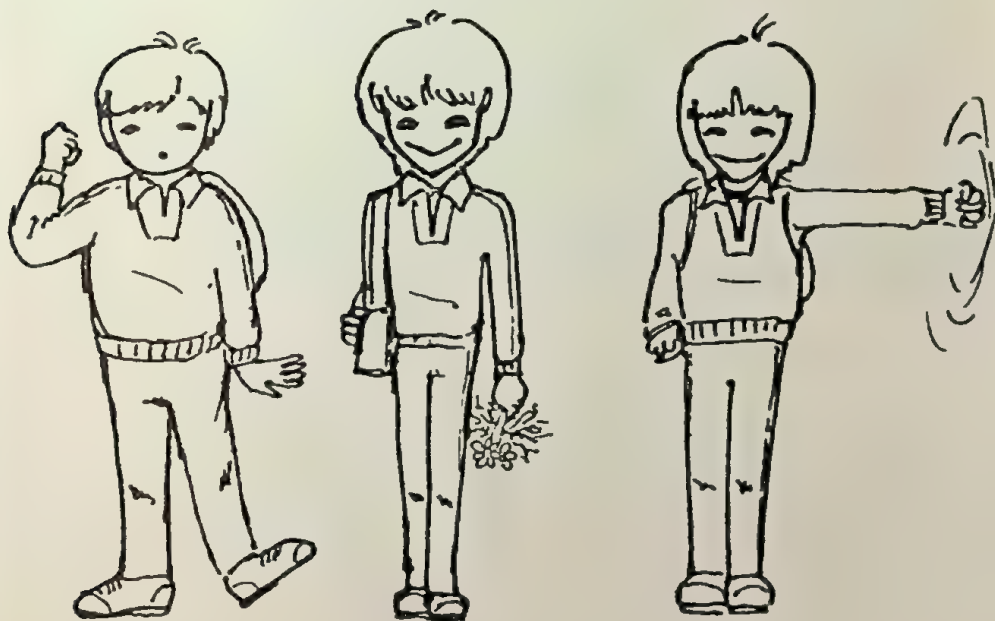
- 1…切断面が正三角形。左はしを重ねしろにします。
- 2…切断面が正六角形。上の4分の1を切りとります。
- 3…切断面が六角形。上の4分の1より少なめにとります。

あそびのコーナー

小さな子供の頃に、誰もが折り紙で作ったダマシ舟で遊んだ経験があります。折り紙というもののそのものが遊びであるわけですが、折り紙を作るということのほか、作った折り紙でダマシ舟のように遊ぶことができれば一層面白いものでしょう。

筆者の藤本は、勤務先に新人がやって来るときまって遊びの一種である知恵の輪で新人テストを行いました。被検者はああでもないこうでもないで折りかえしているうちに、紙を破いてしまえば失格です。お手上げをしても当然失格です。破らないで課題をこなせば有望と見なされたものです。

幼児は遊びを通して知能を増大させていきますが、人間にとっての遊びは必要欠くことの出来ないものなのだと思います。折り紙遊びには様々のものがありますが、ここではそのうちのほんの一部を紹介します。作って楽しんでみて下さい。

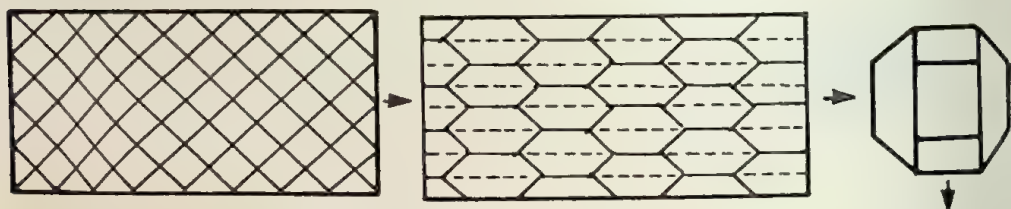


41 図版説明

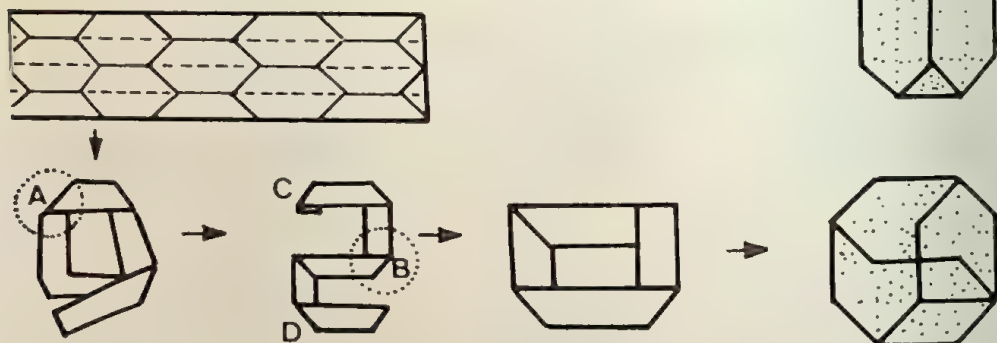
- 1…八角せんべい。紙型は1：2のもので正方形の折りすじをつけてから図のように折りすじをつけて、両はしをうまく合わせて輪を作ります。周囲を中へたんで裏から出すと形がかわります。
- 2…知恵の輪八角。上と同じようにしてAの部分を手前、Bの部分を手前に折っていきCとDを重ねて糊づけします。これを折りかえて最後の図のような形にかえます。紙が破れたら失格です。
- 3…折り紙六角形。紙テープで正六角形を作って、これをいろいろと折りかえて変化を楽しみます。正六角形にするための正三角形を9個にすると変化数は3、正三角形を18個にすると変化数は9、正三角

形の数を27にすると変化数は15になります。同じ変化数でもいろいろな折り方がありますから試みて下さい。ここでは一番簡単な変化数3の折り方だけを説明することにします。まず紙テープを正六角形に折り、正三角形の数を9個にしてXは裏側で重なりYを裏で重ね、Zを裏で重ねてZの部分を開付します。六角形の頂点を中心と重なるように折ると、中しが開いて新しい面が出、これをまた中しで重なるようにすると次の面が現れて3回変化させることができます。

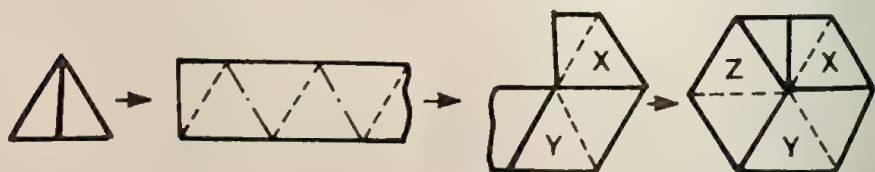
1



2



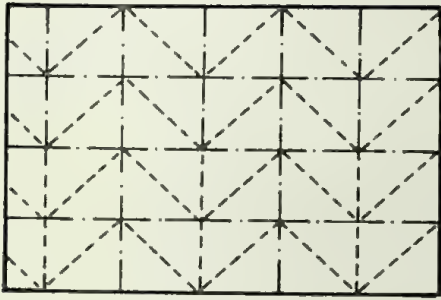
3



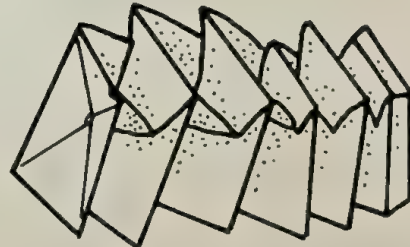
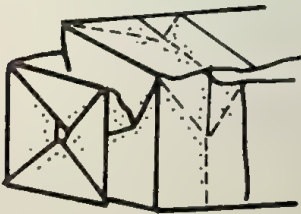
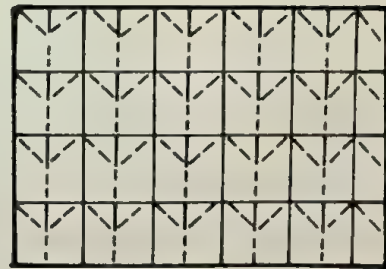
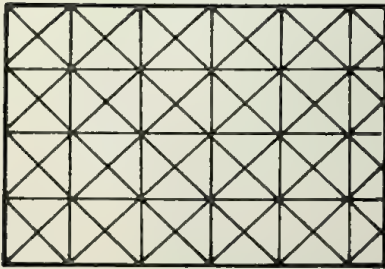
42 図版説明

- 1…かくれ箱を作ります。両端をもち右か左へねじると正方形の立体が出来、反対側へねじると別の面が出た立体になります。
- 2…ねじ。図のような折りすじをつけて、端から折りすじにそって折っていきます。両端を手で持ちのの字の方向にねじっていくと折ったみぞの数だけねじれていきます。一杯ねじればまた逆にねじれます。

1



2



43 図版説明

五つ星を折ります。

1…対角線で折ります。

2…対角線の midpoint A をとり、図のように折ります。

3…折り上ったところ。

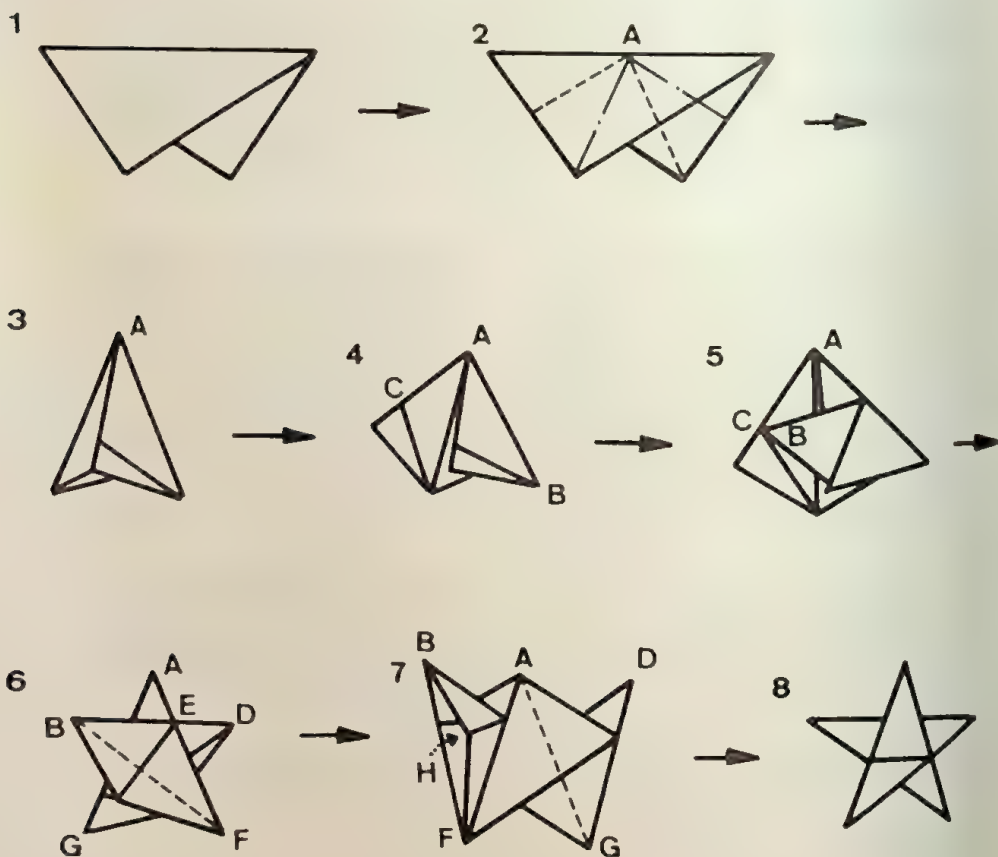
4…裏側を左に出します。

5…BをCに合わせます。

6…Dを裏側よりBEと一直線になるように出します。BFで折りDGも同じようにします。

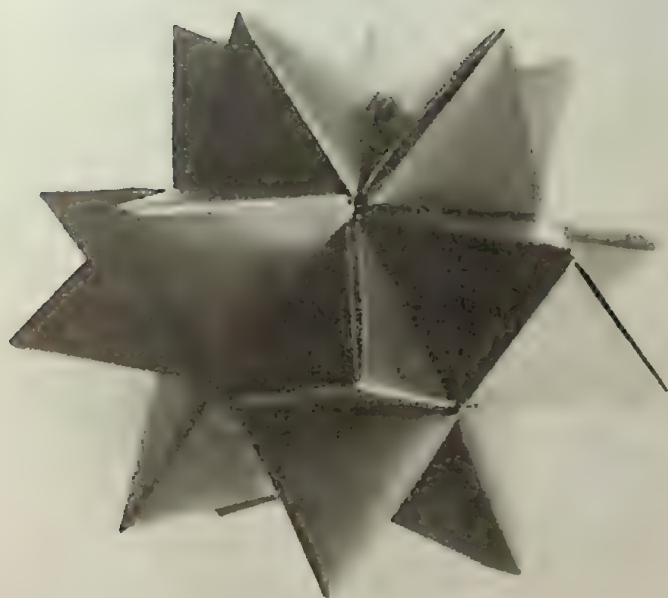
7…少しひらいてBG、BFを折りかえて、Hのところを少しやぶって相手のところにはさみます。裏側も同じようにするとまとまった星形になります。

8…たくさん作ってふくろ状になったところにさしこんで連結するとムクデができます。



第四章

多面体を組み合わせす



正多面体を切断すると別の立体ができますが、切断するという操作によって立体の性質や立体どうしの関係が明らかにもなります。このことは前章で取扱ったことですが、反対に立体同志を組み合わせていっても立体の性質や立体間の関係が明らかになる筈です。それで、この章では立体を組みあわせて立体を作る操作のいくつかを扱うことにします。

1 正四面体と正八面体を使って

まず正四面体と正八面体だけを使って立体構成をおこないます。ここではすべて正八面体の各面に正四面体をはりつけていくので、正八面体はどの場

合にも1個で、図44のAの紙で作ります。作り方は34ページです。正四面体の数は作る立体によって違いますが、Bの紙で作ります。作り方は18ページです。

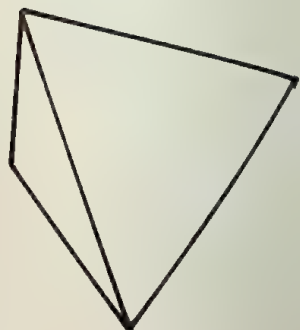
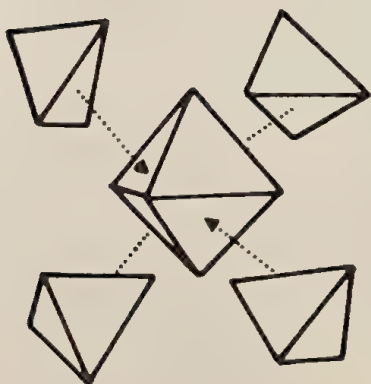
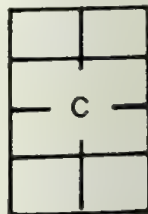
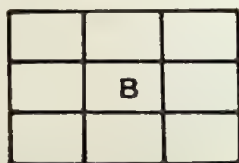
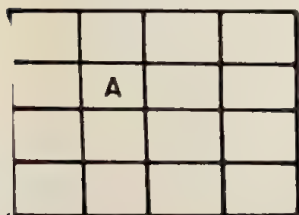
i 正四面体を4個作って正八面体の面のひとつおきにはりつけていくと全体が正四面体になります。この正四面体はもとの2倍の大きさになります(図44)

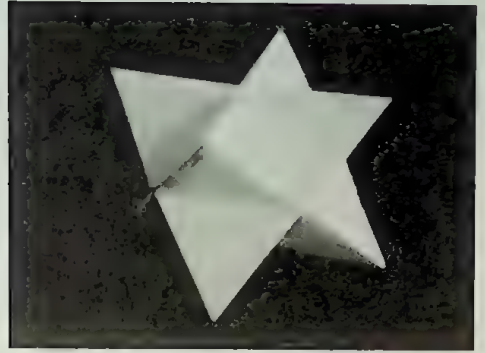
ii 正四面体を8個作って正八面体の各面にはりつけていくと星型の立体ができます。図45です。この立体は正

44 図版説明

上…紙の大きさを表します

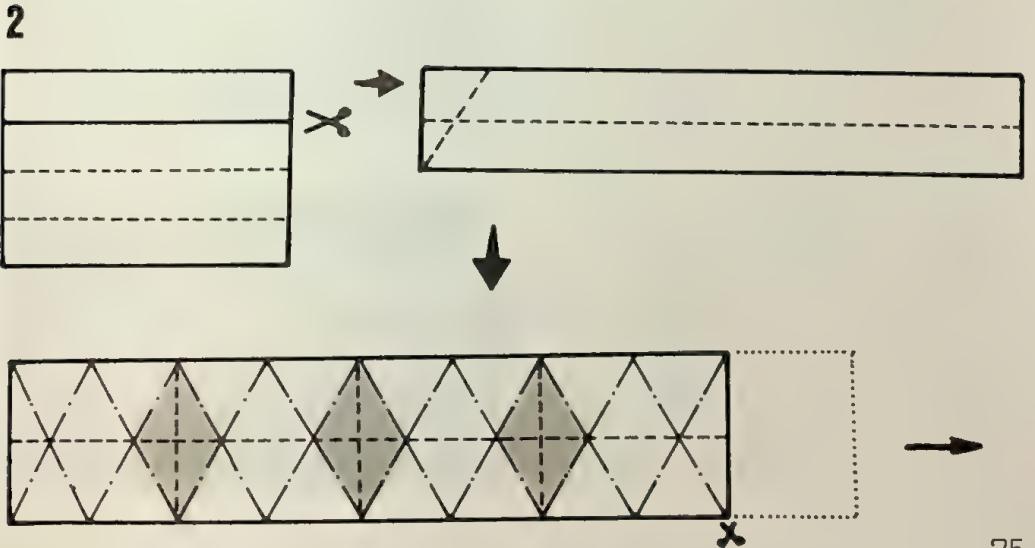
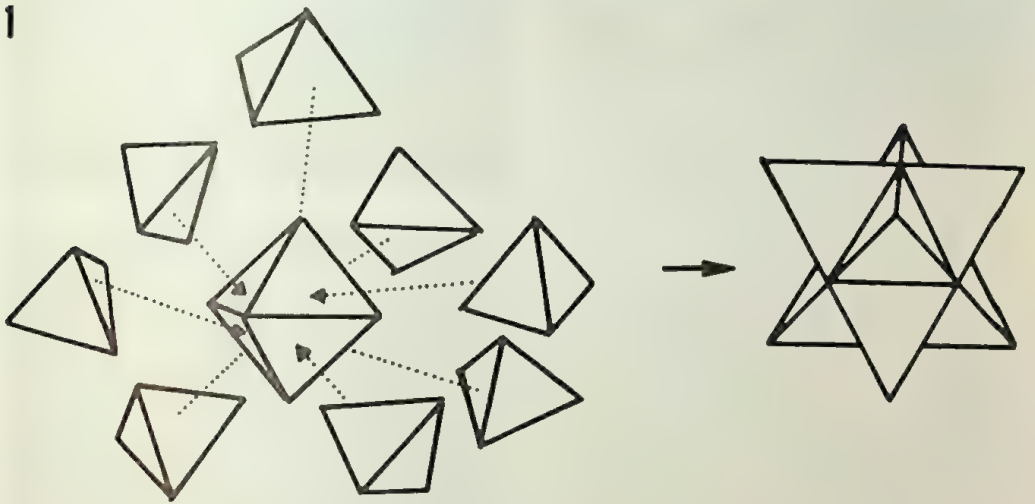
下…1個の正八面体のまわりに4個の正四面体をはりつけて正四面体とします





45 図版説明

1…八角星の組み立て方

2…八角星の折り方 4等分した紙の一枚で
図のように折りましを入れて作ります。

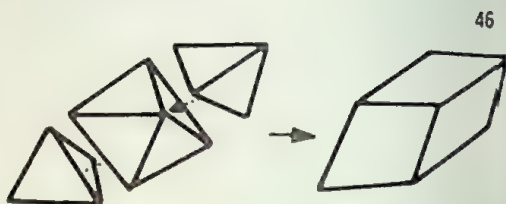
四面体が2個たがいちがいに複合している面白い形をしているため、とくにケプラーの八角星と呼ばれていますがここでは単に八角星と呼びます。この立体も一枚の紙で作れますので作ってみて下さい。作り方は図45です。

Ⅲ 正四面体の相対する面に正四面体を1個ずつはりつけると平行六面体ができます。図46です。平行六面体は相対する面が平行ですが、面と面のなす角はいろいろできるわけです。平行六面体も一枚の紙で作ることができますから、面と面のなす角のちがうものをいろいろと作ってみます。作り上りは写真96、97、98で作り方は次ページを見てもらいます。

2 再び正四面体と正八面体

まえと同じように正四面体と正八面体とを使いますが、正八面体は1個ではなくて6個作ります。紙の大きさはまえとかわりません。正四面体は8個作ります。できたら全部を半分ずつに分けて、写真99のように交互にはり合わせたものを作ります。写真の右側の正三角形の面が上をむいているのが表左側の正六角形の面が上をむいているのが裏なので、左の半分の上に右の半分をのせてはりつけると全体で正八面体になります。この正八面体はもとの正八面体の2倍の大きさになっています。また正八面体は切断のしかたによ

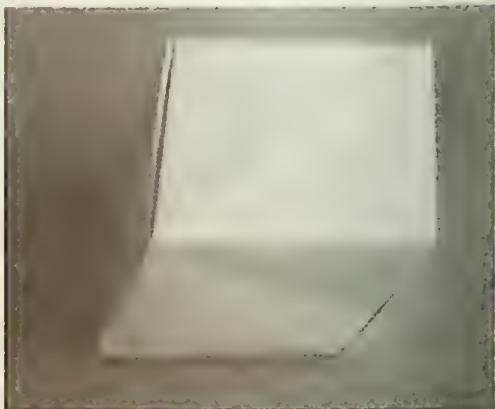
平行四面体



96



97

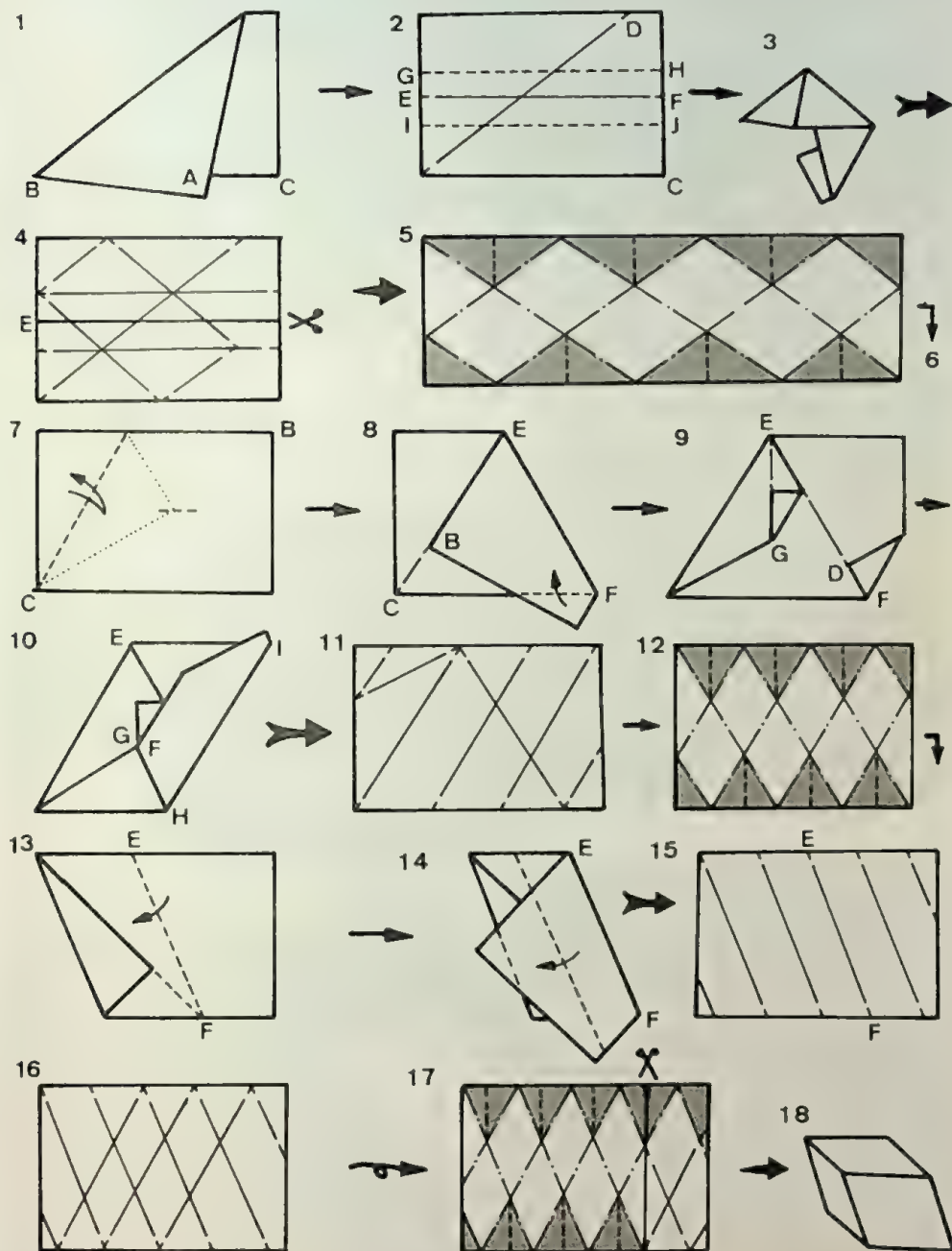


98



47 図版説明

1～6は90°以上のものができます。7～12では60°のものができます。13～18では45°のものができます。
1はAをBCより外側にとります。2のEFは中線、GH、IJは3等分線です。



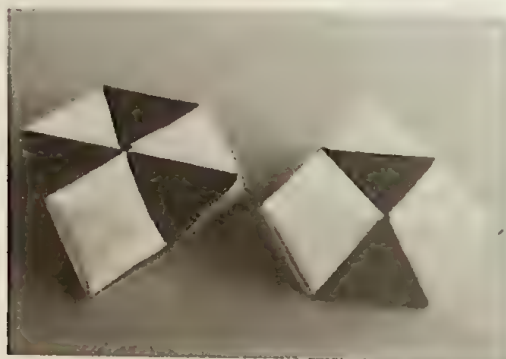
写真説明

99…右の半分は表、左の半分は裏。

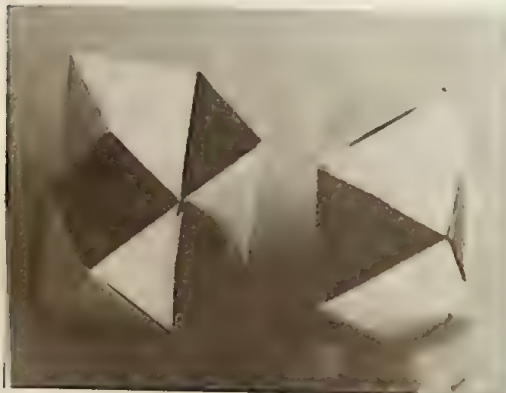
100…右の半分と左の半分とをはり合わします。

101…正八面体になります。

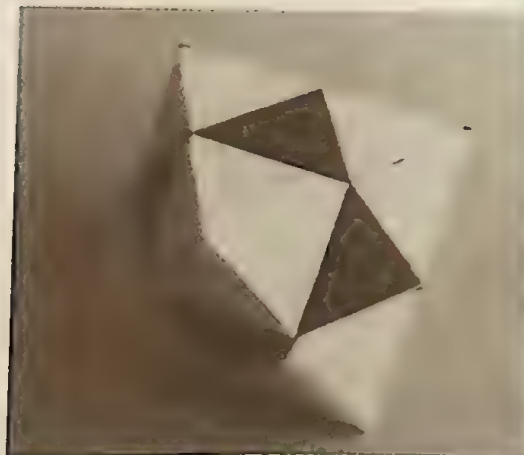
99



100



101



…では切断面が正六角形になることをよく表しています

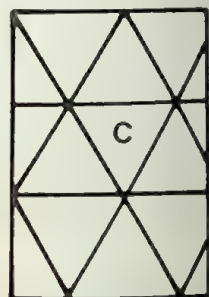
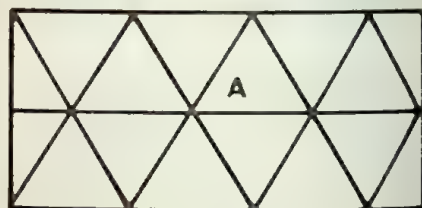
3 正六面体を作ります

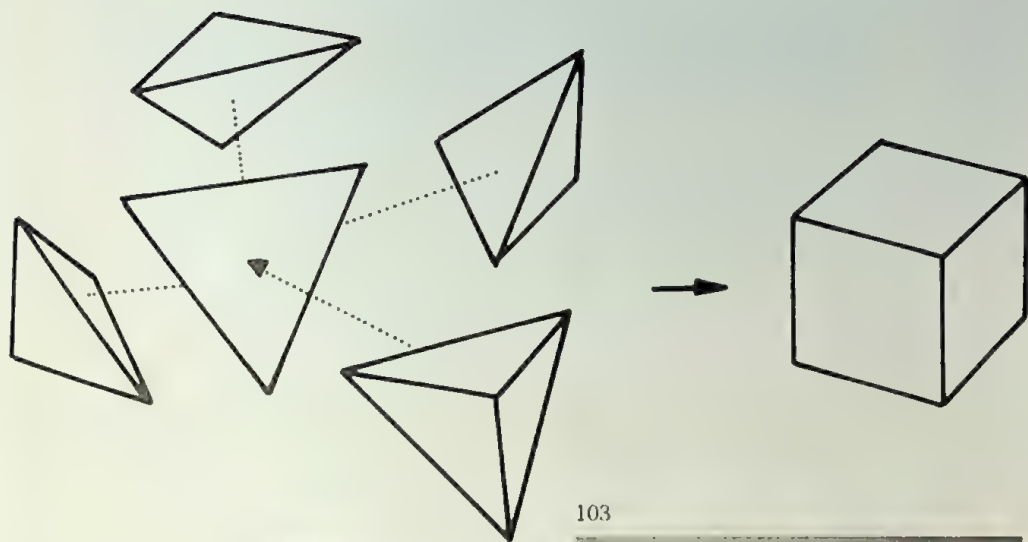
次に正六面体を作ります。いくつかの種類 of 立体を組み合わせて正六面体を作るのですが、簡単なものから複雑なものまで幾通りかの方法があります

1 一番簡単なものです。普通の紙Aで正四面体を1個作り、次にAを半

48 図版説明

…の大きさを表わしています





49 図版説明
正六面体を組み立てます。

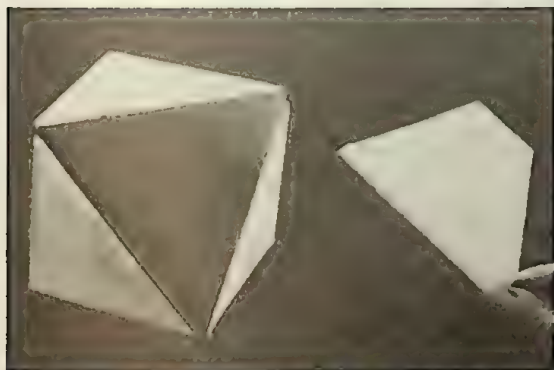
102



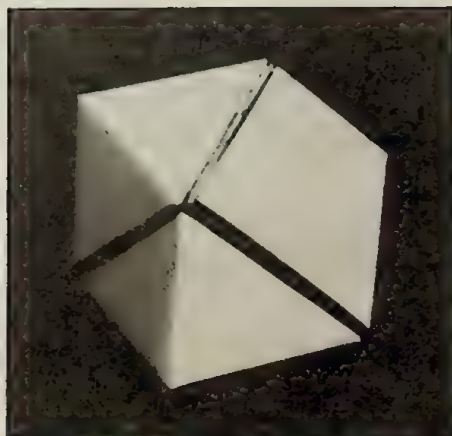
103



104



105



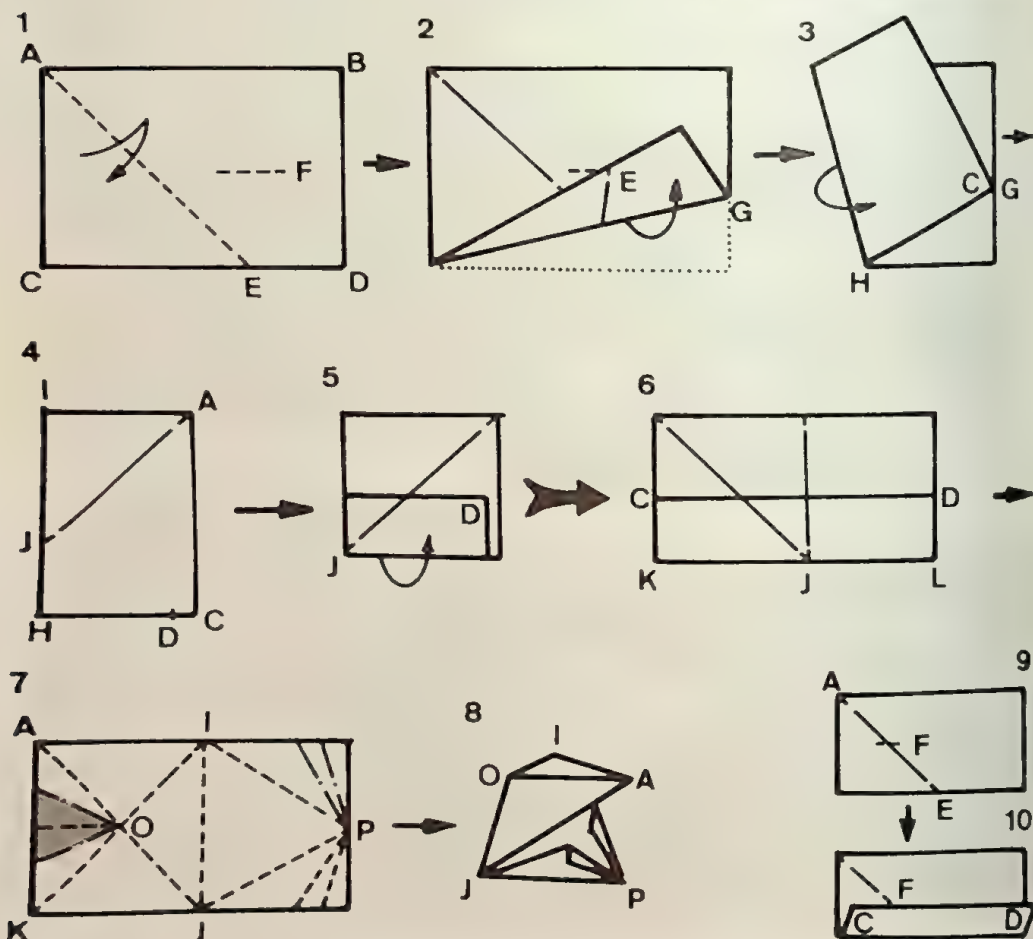
分にした紙Cで直角三角形の面3面と正三角形の面1とで用まれた立体の直角四面体を4個作って、正四面体の各面にはりつけると正六面体になります。この作業ではAに比べてCは1.6%小さくなりますが、実際上は問題にはなりません。直角四面体はこのページの作り方を見て下さい。

ii 前の48図のAの紙で正八面体を1個作り、Bの紙で正四面体を4個作ります。このとき正八面体と正四面体

直角四面体の折り方

50 図版説明

- 1…ACをABに重ねてAEの折りすじをつけ、一方中線Fをつけます。
- 2…Eを中線に合わせてGの印をつけます
- 3…CをGに合わせてHの印をつけます。
- 4…HCとHDとを重ねてHIを作ります。
- 5…斜めの折りすじを重ね合わせるように折ります
- 6…CDKLを折りこみかK Lで切ります。
- 7…4のように折りすじをつけ重ねます。
- 8…AをPに合わせると完成。このとき端の折りこみ部分を重ね合わせます。
- 9…（簡略法）1のあとAF=EFにします
- 10…FにCDを合わせて折り7に続けます



の稜の長さは同じになります。つぎにBの紙で直角四面体を4個作ります。このとき、直角四面体の正三角形の面の稜の長さは、他の立体の稜の長さの2倍になっています。この3種類の立体を組み合わすと正六面体になります。

iii 78ページの図48のAの紙で等稜十四面体を1個作ります。作り方は65ページにあります。次にBの紙で正八面体を6個作って、はじめに作った等稜十四面体のくぼみに入れると全体で正八面体になります。下の図51。最後にCの紙で正四面体を4個、直角四面体を4個作って組み合わすと正六面体になります。

iv Dの紙で八角星を1個作り、Eの紙で直角四面体を16個作って組み合わすと正六面体です。図51。

v iiで作った正八面体のかわりに正八面体と正四面体とで正八面体を作って、それに正四面体と直角四面体とをはりつけて正六面体にします。

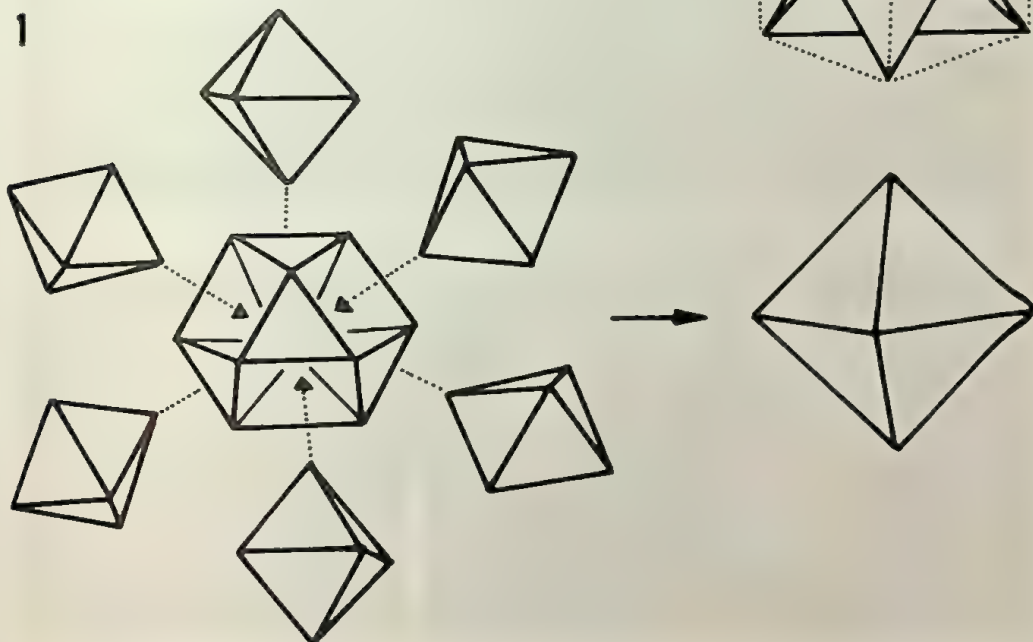
vi 等稜十四面体を正四面体8個で作って、あとはiiiと同じようにします。

vii 八角星を正八面体と正四面体で組み立ててivと同じに組み立てます。

51 図版説明

1…正八面体と等稜十四面体で正八面体になります。

2…八角星の頂点を結ぶと正六面体です。



4 菱形十二面体を作ります

菱形十二面体という立体があります。文字通り菱形の12個の面でできていてこの立体をたくさん集めて積み重ねると、すき間なく積み重ねることのできる数少ない立体のひとつで、あとでもう一度扱います。

菱形十二面体も一枚の紙で作ること

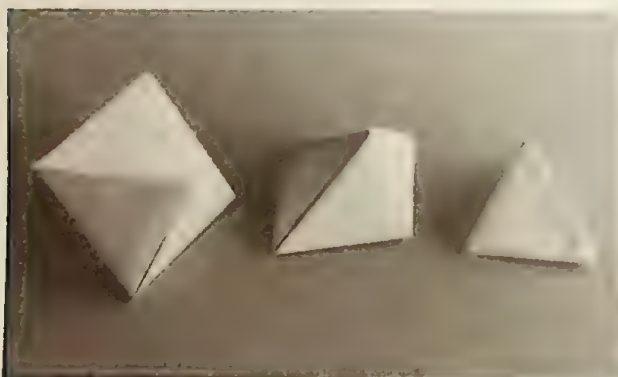
写真説明

106…菱形十二面体を作る立体。右はしの立体2個で中央、中央の立体2個で左はしの立体になります。

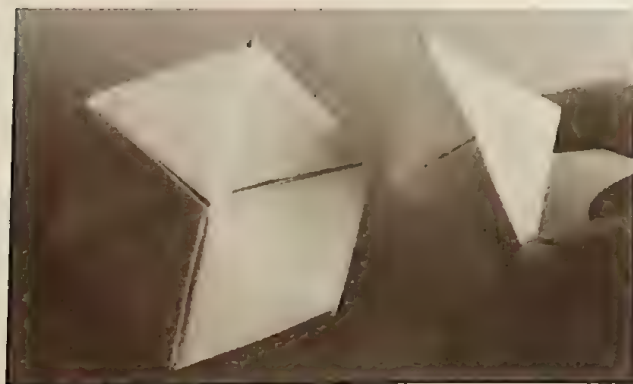
107…右の立体6個で菱形十二面体になります。

108…菱形十二面体。

109…菱形十二面体、一枚の紙で作ったもの。



107



108



109



ができます。作り方は次のページです

この立体を、底面に対して水平と垂直な面をもつ八面体を6個作って組み立てると作れます。八面体の作り方は84ページです

ところでこの八面体の半分の立体を作ることができるので、この立体を12個作って組み立ててもできます。この立体の作り方も同じ84ページです。

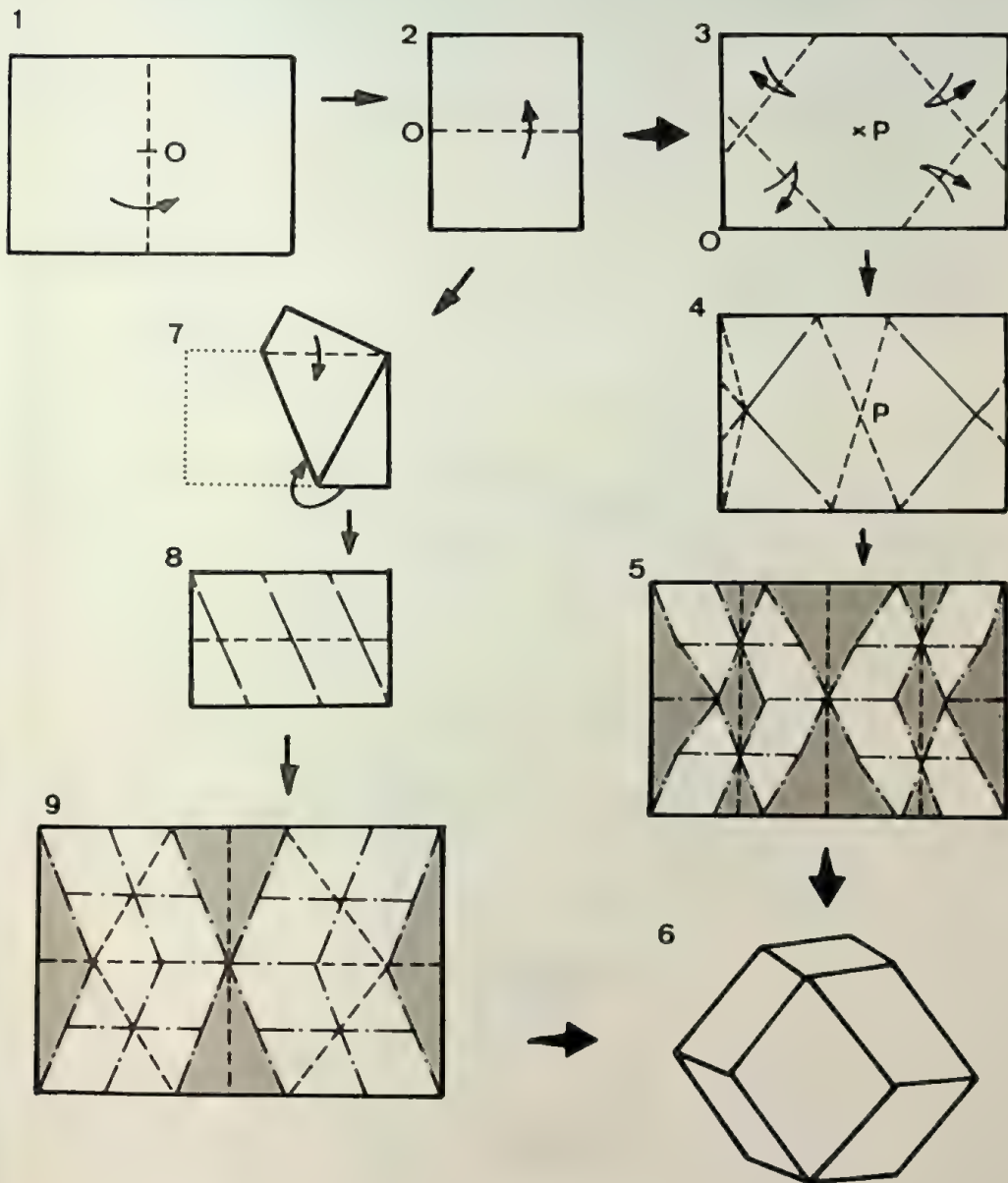
また、常に垂直な面をもつ四面体は八面体の半分の半分の立体で、八面体の半分の立体の半分ですから、この四面体を24個作って組みたてても菱形十二面体ができます。四面体の作り方は

菱形十二面体の折り方

52 図版説明

- 1…正確に半分に折ります。
- 2…さらに半分に折ります。Oが紙の中心。
- 3…中心点PをきめPに各頂点を合わせて折りすじをつけます。

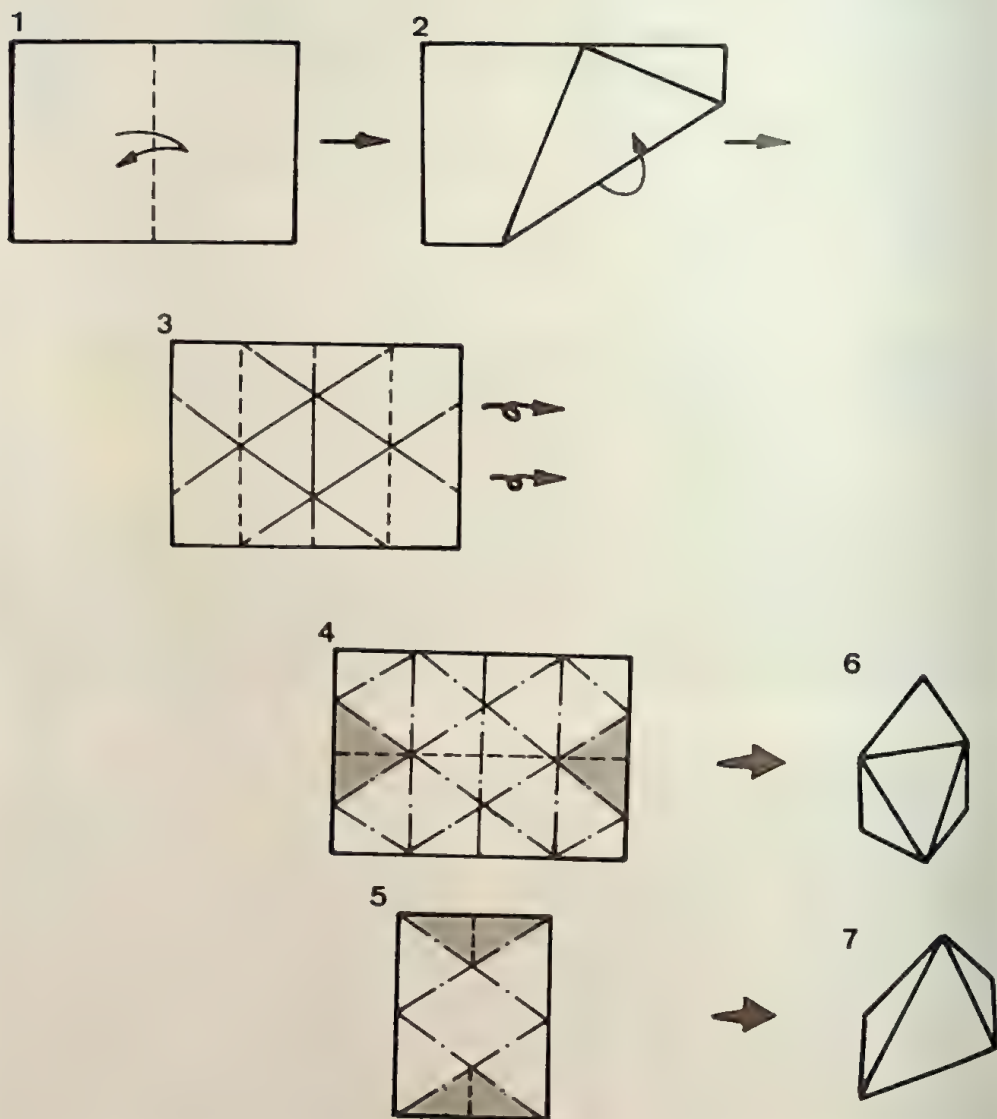
- 4…図のように折りすじをつけます。
- 5…さらに折りすじをつけて重ねる部分を内側に折りこんで重ね両端を接合します。
- 7…7～9は別の作り方です。



底辺に対して水平と垂直な面をもつ立体とその半分の立体の折り方

53 図版説明

- 1…半分の折りすじをつけます
- 2…紙の四隅の点をそれぞれ中線の端に合わせて折りすじをつけます
- 3…半分の立体のときは重ねたままで折ります



直角な面をもつ四面体の折り方

54 図版説明

1…4等分する折りすじをつけ、一部を切りとります。

2…AとBを合わせてCDを作ります。

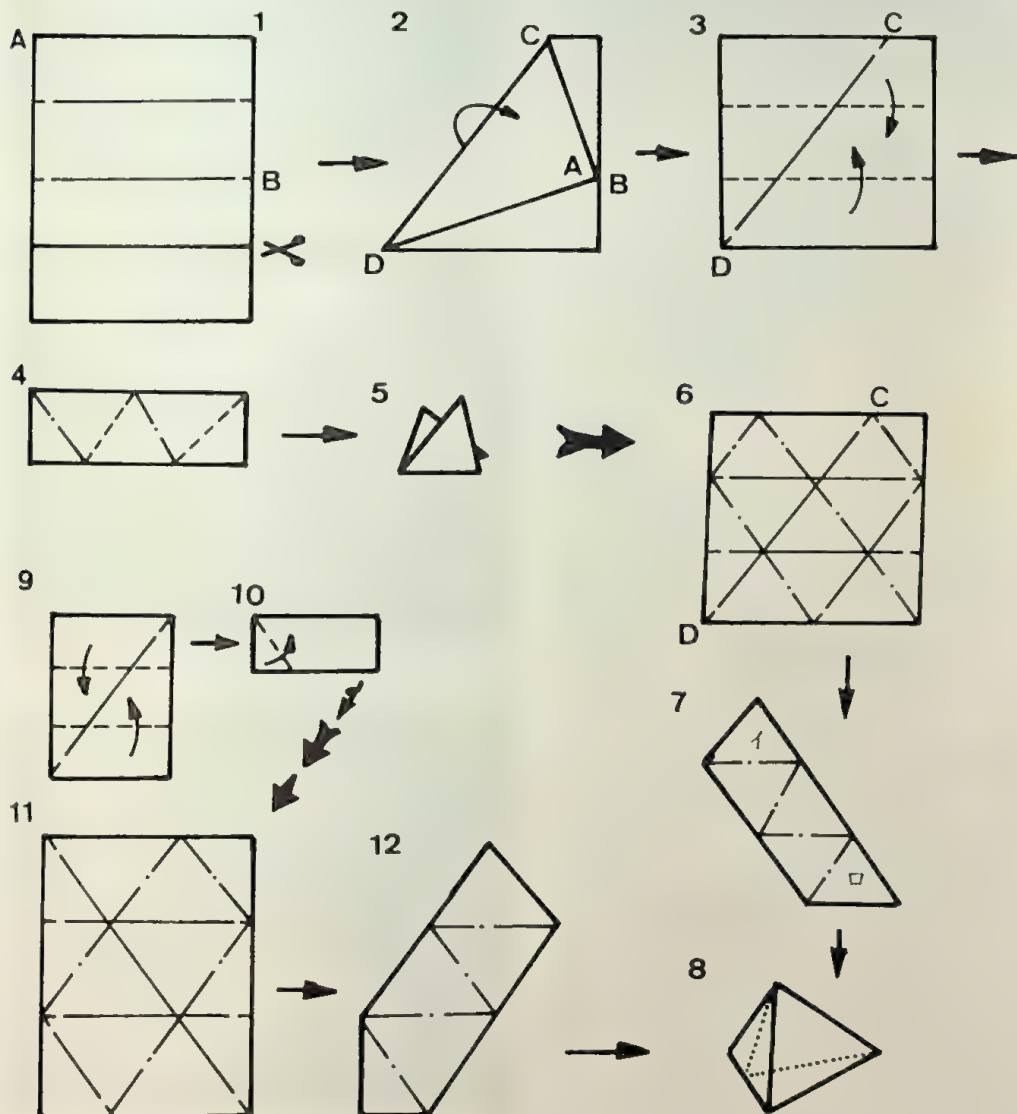
3…はじめの折りすじ通りに折ります。

4…CDの折りすじ通りに折ります。

6…折りすじをつけなおします。

7…イを口のところへ差しこむと完成。

9…9以下は別の方法です。



85ページにあります。この四面体はそのまま3個組み合わせると平行六面体になります。

5 正四面体の結合

正四面体は他のいろいろの立体と組み合わせして様々な立体を構成することができますが、正四面体だけを使っていろいろと立体を作ることができます。

i 正四面体を2個はりあわせると写真110の立体ができます。

ii 正四面体の各面に正四面体をはりあわせると写真111の立体ができます。この立体も一枚の紙で作れます。作り方は次ページの4です。

iii 正四面体を8個作って稜と稜とではり合わせていくと、等稜十四面体ができます。はり合わせ方法をかえると八角星になります。これらの立体はいままでに出て来ました。

iv 正四面体を頂点と頂点とで結合してもいろいろと立体ができます。たとえばこの書物のはじめにあげたのは正八面体だったことを思い出していただきたいものです。

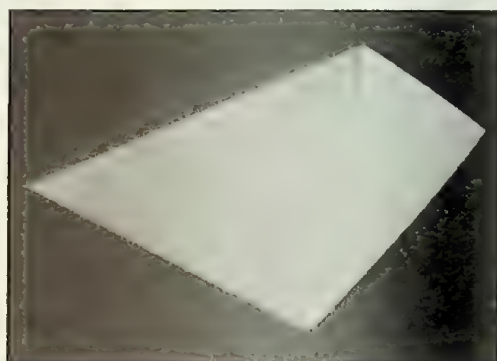
6 正多面型の立体の構成

正多面体やそれに準じた立体を頂点や稜で結合すると様々な立体が作れるわけですが、そのうち正多面体になる

写真説明

いずれも正四面体を結合したもので、110は2個、111は各面に、112は稜と稜とをつないだものです。

110



111



112



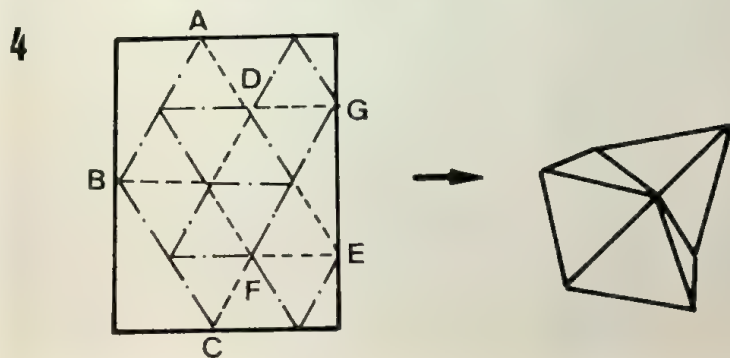
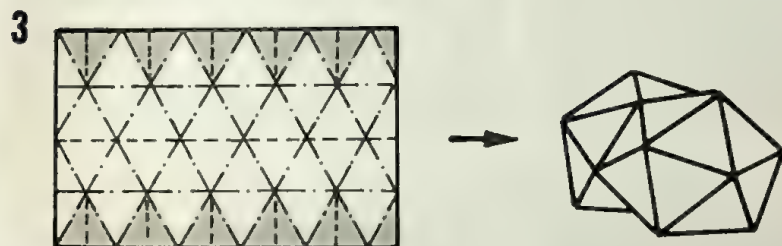
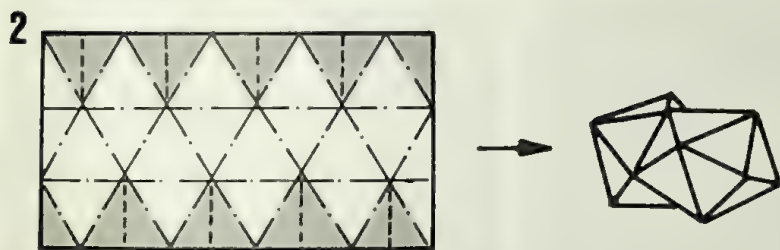
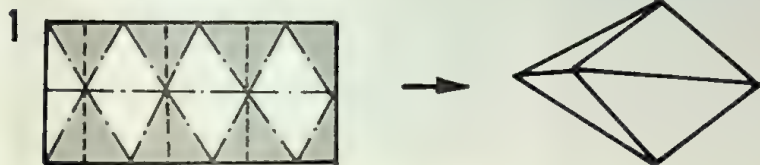
ものだけをひろってみます。

正四面体で正八面体型の立体を第一章で作りましたが、正四面体の型にも組立てることができます。

正六面体を頂点で結合すると正四面体型にも正六面体型にも正八面体型にもなります。

正八面体を頂点で結合すると正四面体型、正六面体型、正八面体型が作れます。

正十二面体と正二十面体は他の正多面体と比べると非常に作りにくい立体ですが、等稜十四面体を辺結合すると正十二面体型になります。



正三角形で
できる立体
の折り方

55 図版説明

4はABCを一点に
集めて接着、DはE
と、FはGと重なり
ます。

正二十面体は頂点結合すると正二十面体型になります。

等稜十四面体は正多面体ではありませんが、この立体を使って面結合で正四面体型や斜方六面体型の立体が作れます。

正二十面体を面結合すると正四面体型になりますし、正二十面体と等稜十四面体とを面結合しても正四面体型になります。

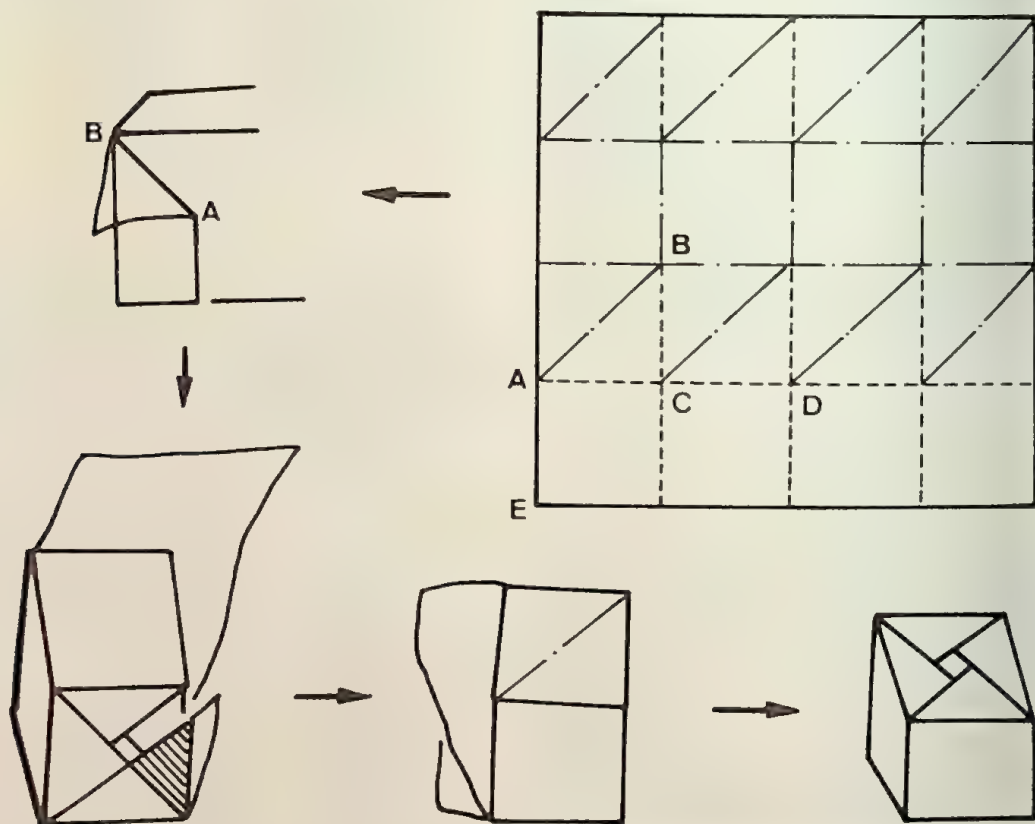
それぞれの立体については113ページから129ページの写真を見ていただくとわかると思います。また、同じ立体をたくさん作る時にはなるべく簡

正六面体の折り方

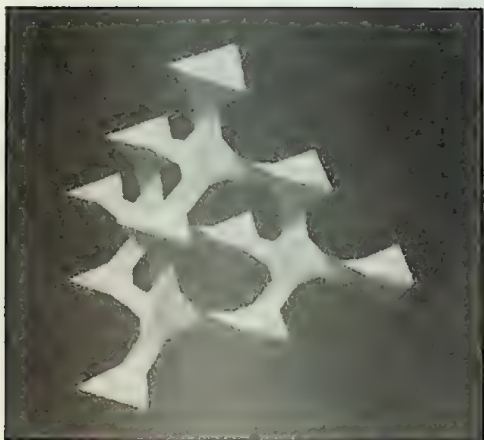
56 図版説明

(紙型正方形)

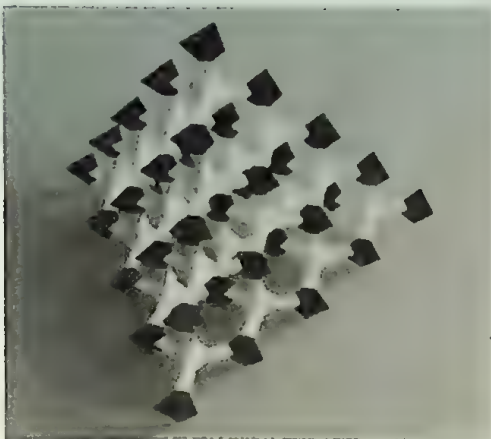
- 1…たて・よこともに4等分して折り、図のように折りしきをつけます。AEは内側に折りこむ部分です。
- 2…AをCに重ねるように折り、次にCをDに重ねるように折って箱状になるまで続けます。
- 3…斜線部を図の紙面垂直下側にさしこみます。
- 4…上側を同様に折りすじ通りに折りこんでいきます。
- 5…最後のところを下にさしこみます。



113



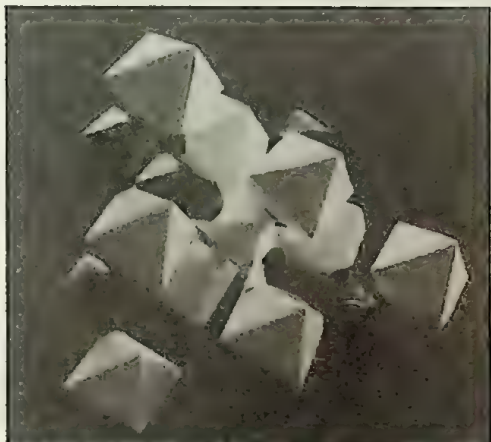
114



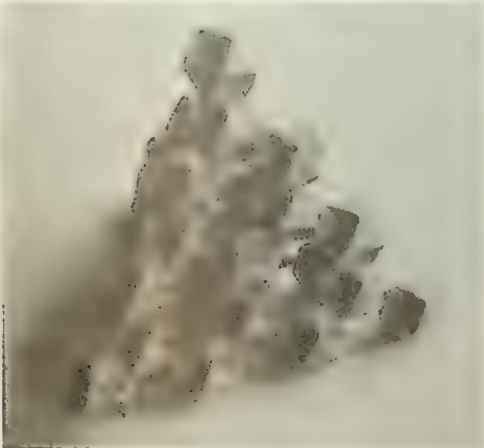
115



116



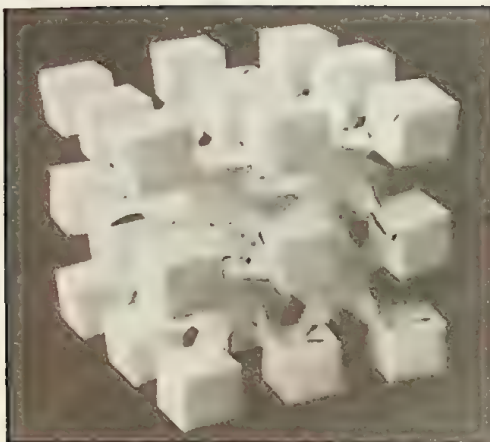
117



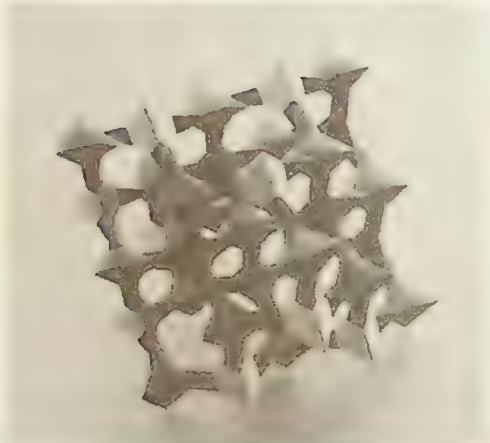
118



119



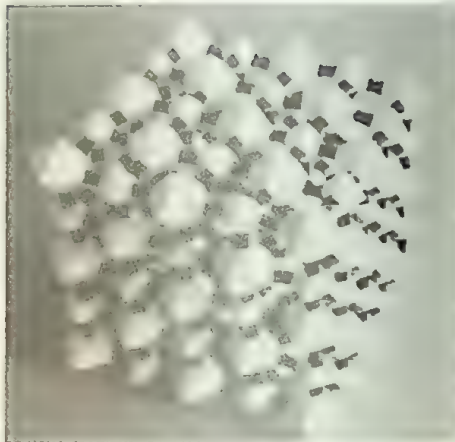
121



123



120



122



124



125



写真説明

113~118...正四面体型

119~120...正六面体型

121~124...正八面体型

125正十二面体型

126正二十面体型

127菱形十二面体型

128斜方六面体型

129正四面体型

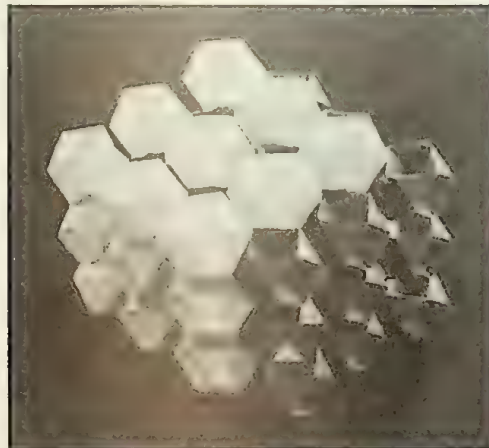
126



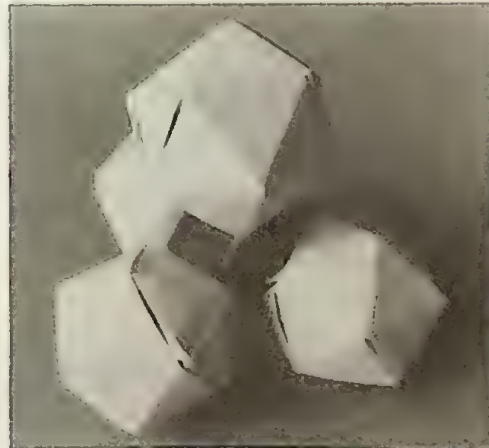
127



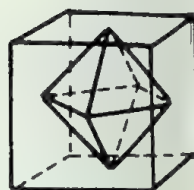
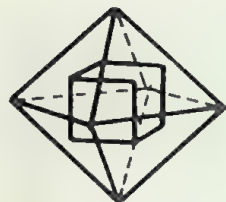
128



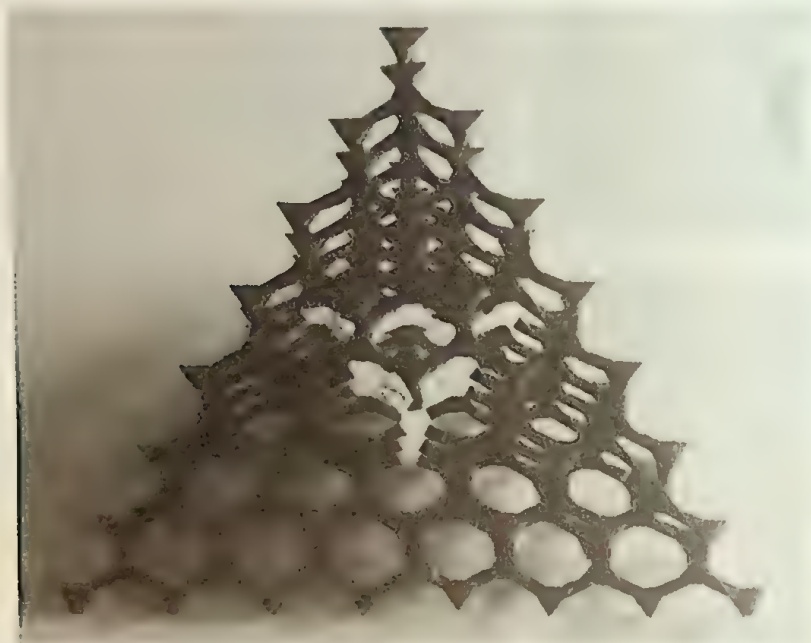
129



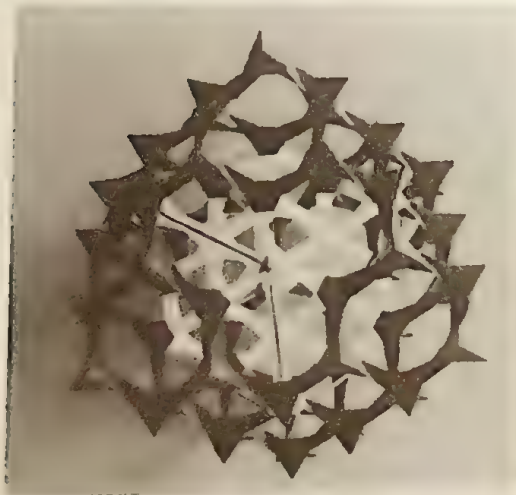
双対性を表わす立体構造模型
 130…正四面体の中に正四面体
 131…正八面体の中に正六面体
 132…左の裏側からみたもの
 133…正八面体の中に正六面体
 134…正六面体の中に正八面体



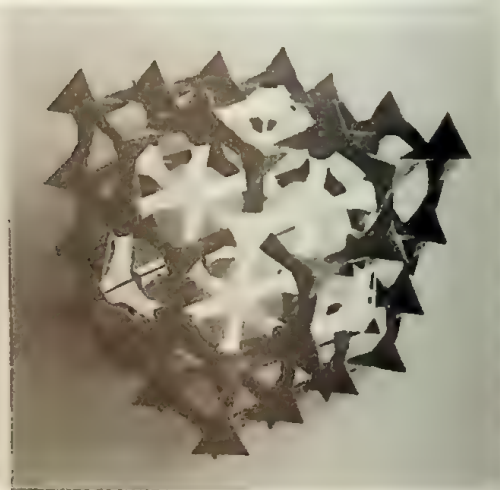
130



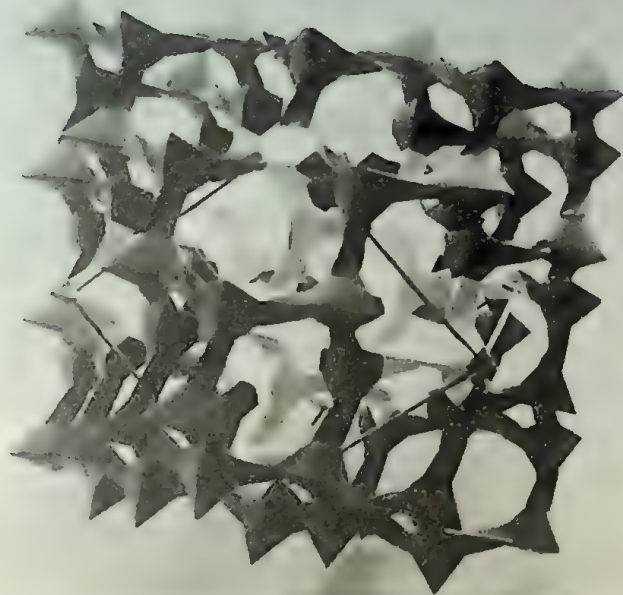
131



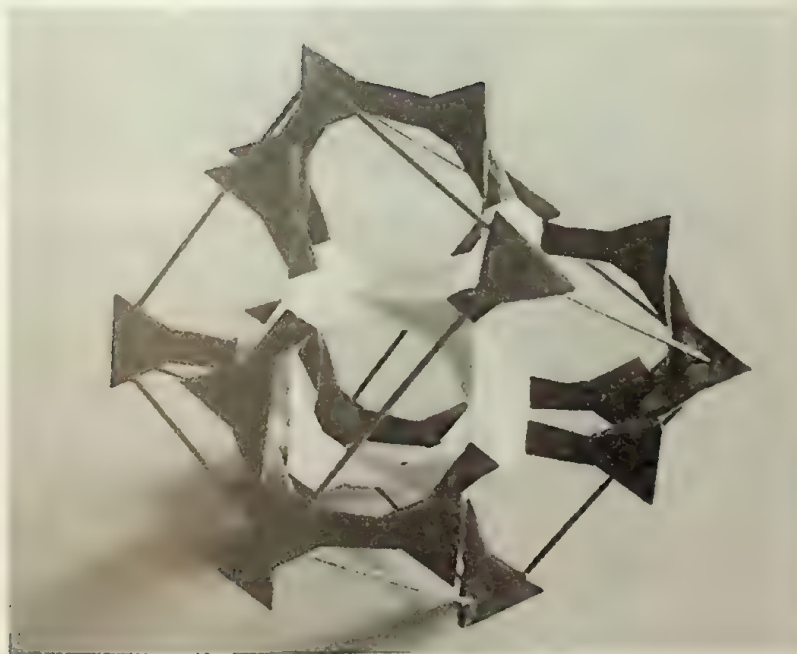
132



133



134



単な作り方が良いわけで、例えば正六面体の場合は88ページの作り方で作ると簡単に作れます。

7 正多面体の双称性を表わす立体

正多面体のそれぞれの面の中心を結びあわせるとひとつの正多面体ができます。たとえば、正四面体からは正四面体、正八面体からは正六面体、正六面体からは正八面体ができます。また正十二面体からは正二十面体、正二十面体からは正十二面体ができます。このような正多面体間の関係を、お互いに双対的な関係にあるといいますが、このことはまた正多面体の5種類のう

写真説明

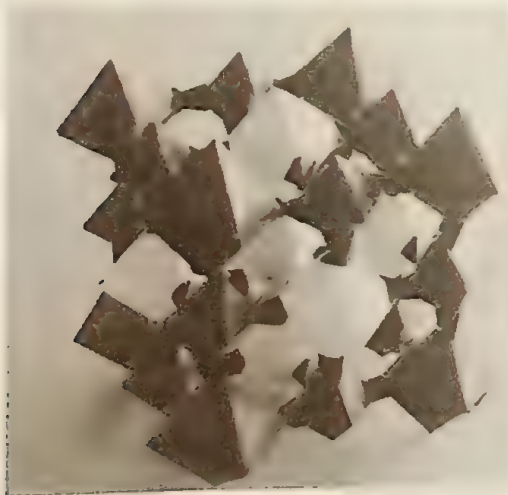
135…双対性を表わす。正六面体の中に正八面体が入っています。

136…正六面体の中が正四面体です。

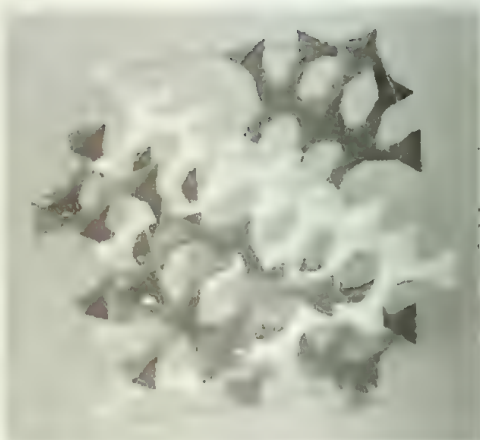
137…同上。

138…同上。

135



136



137



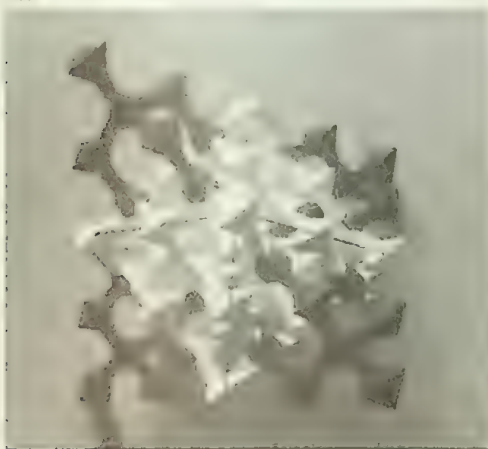
138



139



140



141



ちで、正八面体と正六面体の類似性を
そしてまた正十二面体と正二十面体の
類似性をよく表しています。正四面体
が他の正多面体とは独立した存在であ
ることもよくわかるものです。このよ
うな正多面体の双対的な関係を表わす
立体を作ったのが写真130～135です。

また、正多面体を頂点どうしで結合
すると正多面体型の立体が作れるので
立体の双対的な関係だけではなくて、
立体を切断したときに出来る立体を立
体の色を変えて表現することができま
す。写真136～141がそのような立体で
すが、実際に作ってみると実に見事
なものができます。写真ではその見事
さの表現できないことが残念です。

8 その他

正四面体を2個、面と面とではり合
わせたものの各面に直角四面体をは
ると、写真142の上のような立体がで
きます。これは一枚の紙で作ったもの
で作り方は96ページの図の1です。

その他いろいろと組み合わせると思
いがけないような立体ができます。そ
の一部を写真144～149で紹介するこ
とにします。

写真説明

139…正四面体の中に正八面体。

140…同上。

141…等稜十四面体の中が正八面体です。

正方形又は直角二等辺三角形を面とした立体の折り方

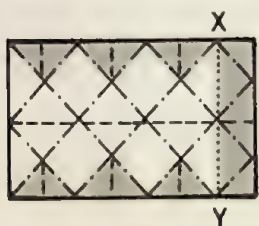
58 図版説明

X Y より右端の部分は重ねしろになります。

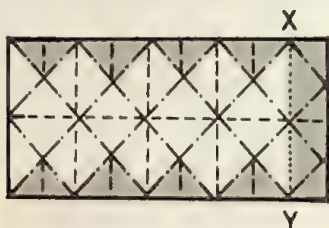
重ねしろのところで接合します。

142・143

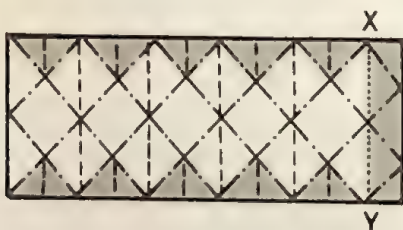
1



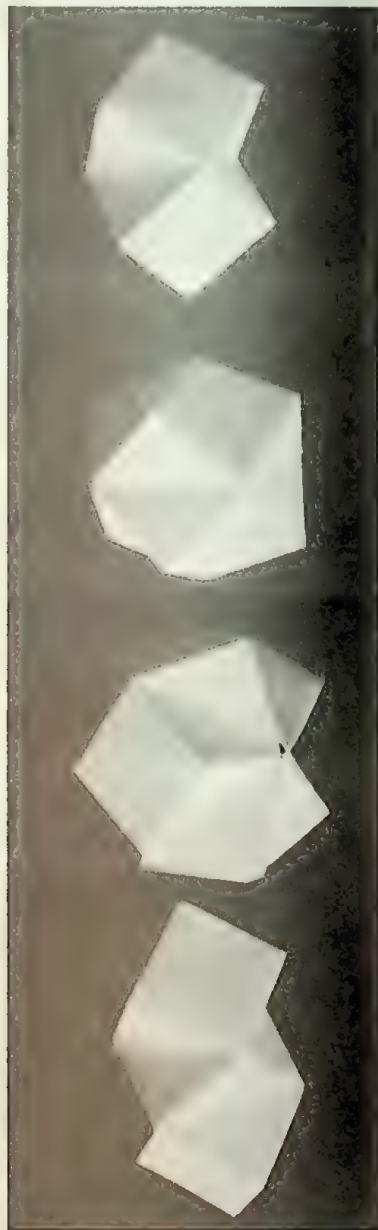
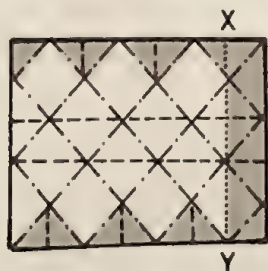
2



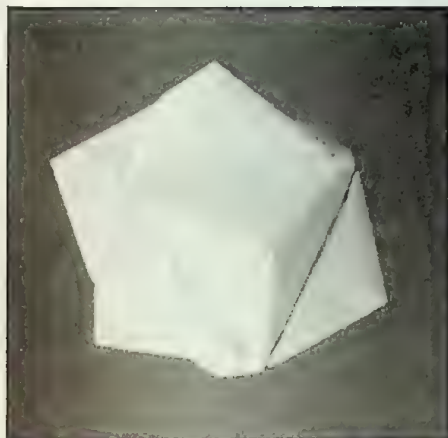
3



4



144



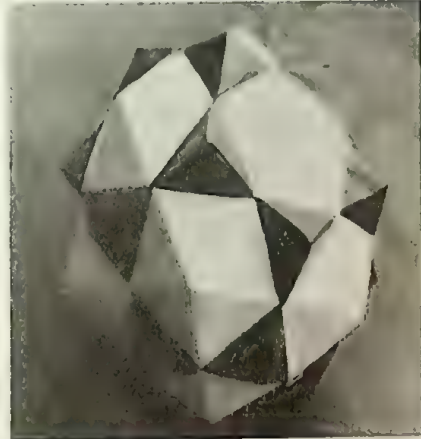
145



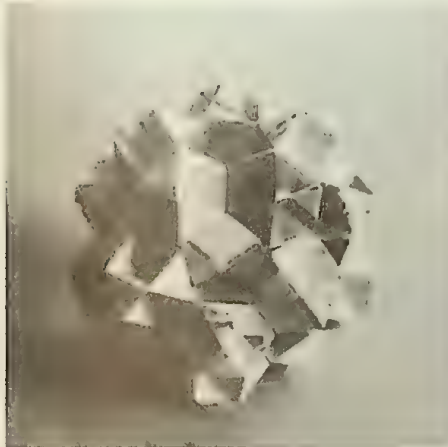
146



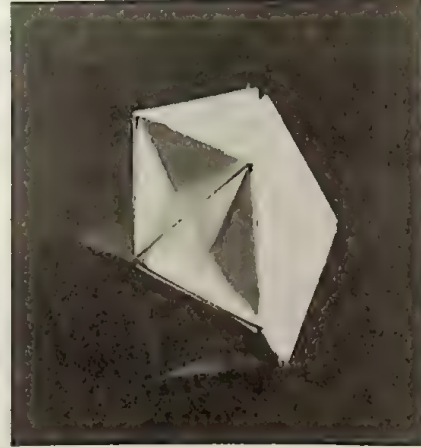
147



148



149



団子より花のコーナー

折り紙で花を作ることはありふれたことで、こと新しいことではありませんが、この花を作る基本の操作が「ねじり折り」と呼ぶもののなのです。耳なれない「ねじり折り」なるものがどんなものか不思議に思われるでしょうが「1枚の紙の表面で多角形を作り、その多角形の裏面の中心から放射状に折りたたんだ紙片が出る」折り方なのだと言っておきます。要するにねじることによって中心でまとめて接着剤などを必要としなくなった折り方です。折り方に様々な方法があり、作品が増える一方なのに作者自身が驚いています。

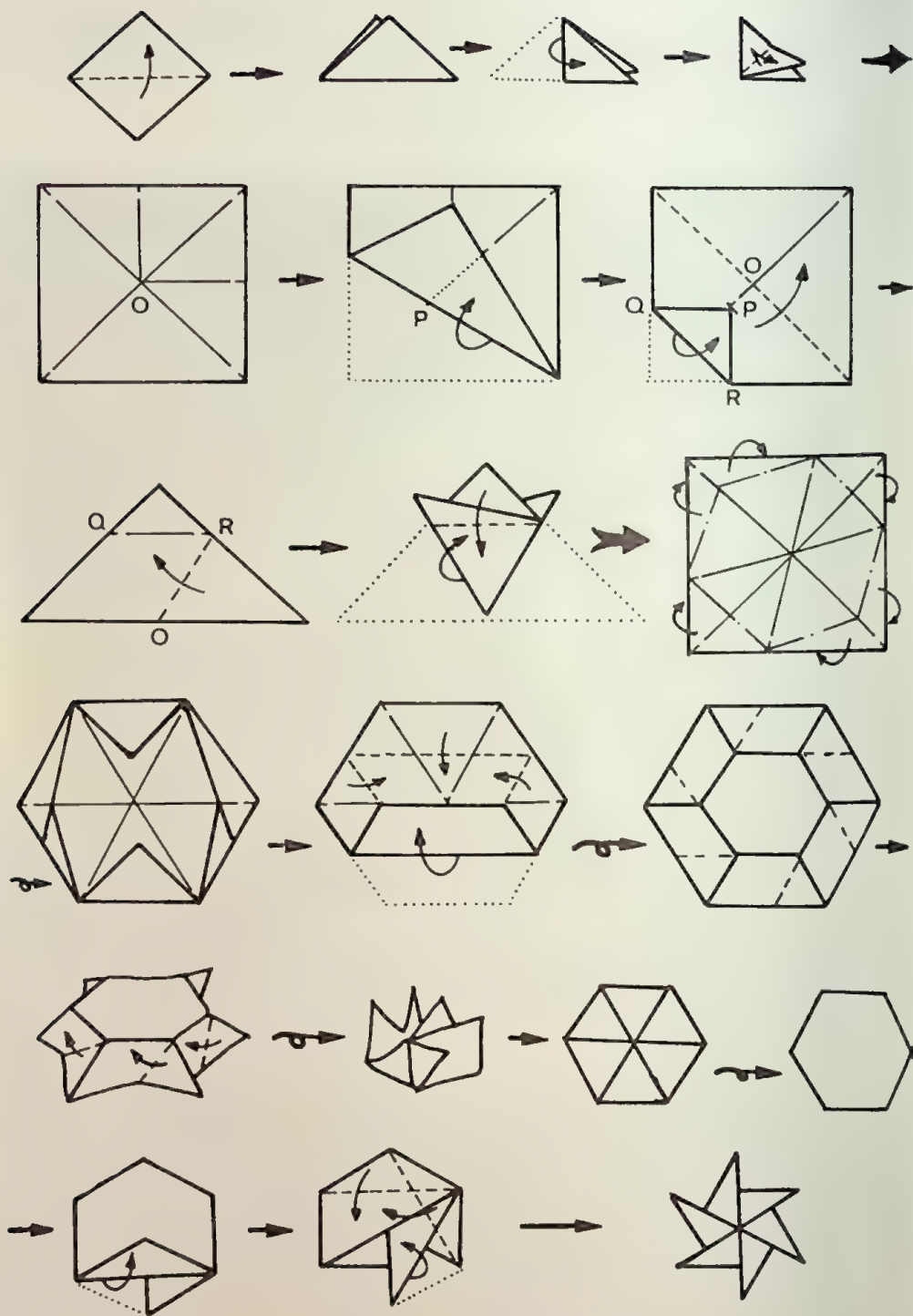
様々な星形や花の形をした簡単なものからいろいろと変化した複雑なものを作ることができます。手近かにある紙で茶卓やとびんしきができます。柄のついた花を作ると机上の飾りになります。連続した長い紙で連なった花が作れます。懸崖の菊を一枚の紙で作って見たらどうでしょうか。紙の表と裏の色のちがいを利用すると配色の面白みもできてくるものです。

大きな紙の全紙面をねじり折りをしてたくさん模様をちりばめると、見事な幾何学模様を作りだすことができます。織り物やデザイン関係に利用できないでしょうか。

立体に利用すると、箱、花びん、こけし、植木鉢、茶わん等々、いろいろと応用範囲をもっています。この書物のあちこちですでに使ってきましたからお気づきの読者もあると思います。

ねじり折りは、多角形の内側に同心の多角形を作り、それをねじって作るもので、例えば、正六角形の中の正六角形の大きさが半分のを「2分の1」と呼ぶことにします。「3分の1」や「4分の1」も同じですが、内側の多角形の位置がずれているときには「2分の1ずれ」や「4分の1ずれ」になります。それぞれにいくつもの変化形が作れますから、ここにほんの一部だけ紹介するものを手がかりにして自分で新しいものをどしどし開発して下さい。



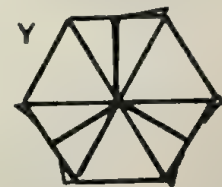
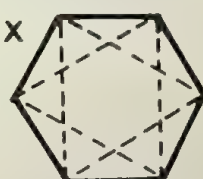
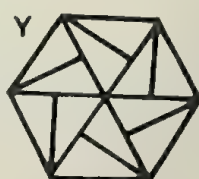
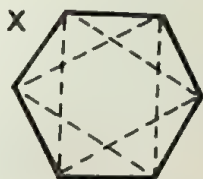
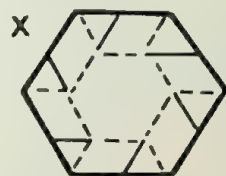
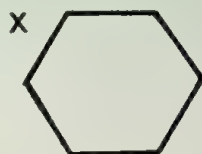
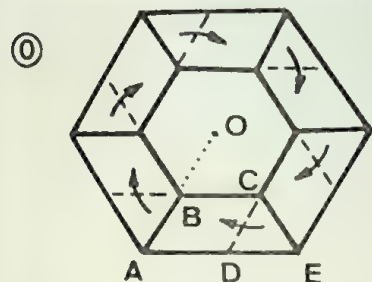


1 基本パターン(正六角形)

1) 2分の1よりの作品

一番基本で、一番作りやすいのは前

頁に折り方をあげた①の風車です。あとはくわしい折り方を紹介できませんのでいろいろと試みて下さい。



60 図版説明

O…基本折です。

OA : OB = 2 : 1 になるものです。小さい図のXは表、Yが裏になっています。以下の図もすべて同じです。これをいろいろと変化させます。

①…風車

②…花びら。表を図のように折ります。

③…とげ。裏の三角を半分に折ってから表を①のようにします。このとき三角の半分を立ててとげのようにします。

④…はさみ。裏の三角の半分をとりあわせて作り、表を①のように折ります。

59 図版説明 (前ページ)

1~10…正方形の紙から正六角形を作ります。

11~17…正六角形の中に同心の正六角形を作って裏側のふちをたたみます。

18~20…順に表の一枚を中心に折っていき、最後を中へ折りこみます。

61 図版説明

5…麻の葉 裏の三角のところを
ふくろのように折っておい
て表を①のように折ります

6…水車。表を図のように裏側に
折りこんでいきます

7…まんじ。内側の辺の中点Aを
中心Oに合わせることができます

8…中割り。2の表をさらにふ
くろのように折ります。

9…中割り麻の葉。5の表を①
のように折り、ふくろに折りま
け

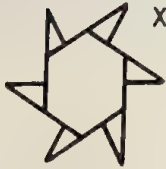
⑤



Y



⑥



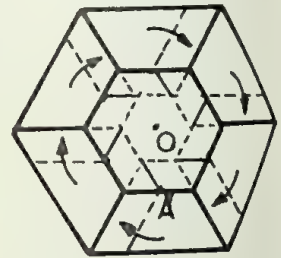
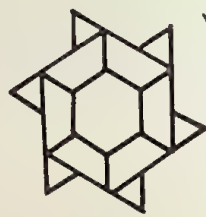
Y



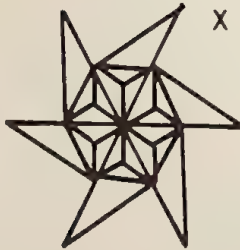
⑦



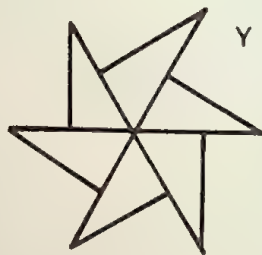
Y



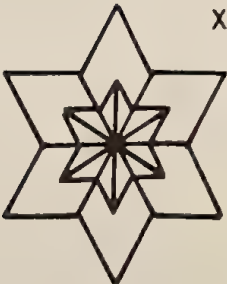
⑧



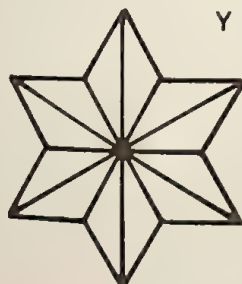
Y



⑨



Y



2) 3分の1よりの作品

大小の同心の正六角形を作ってねじり折りにし、それにいろいろの変化をつけて折ります。内側の正六角形の大きさが外側の正六角形の3分の1になったものです。

62 図版説明

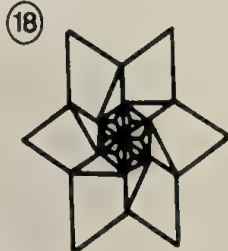
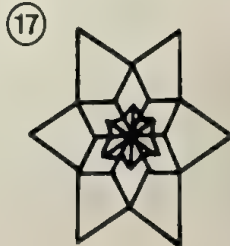
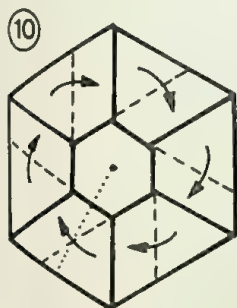
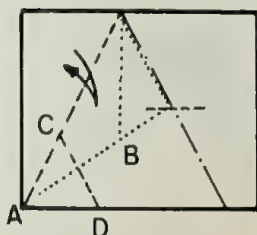
右上は3分の1の正六角形の作り方。

普通サイズの紙を四つ折りにしたもので正六角形の折りすじをつけるために折り重ねたもので、紙の中心AをBに合わせしてCDを折ると3分の1の正六角形が作れます。

その下は3分の1の基本折り。

⑪～⑬は変化型で、2分の1の①と同じ手法で⑪が作れます。同じように②の手法で⑫、

③で⑬、④で⑭、⑤で⑮、⑥で⑯が作れます。

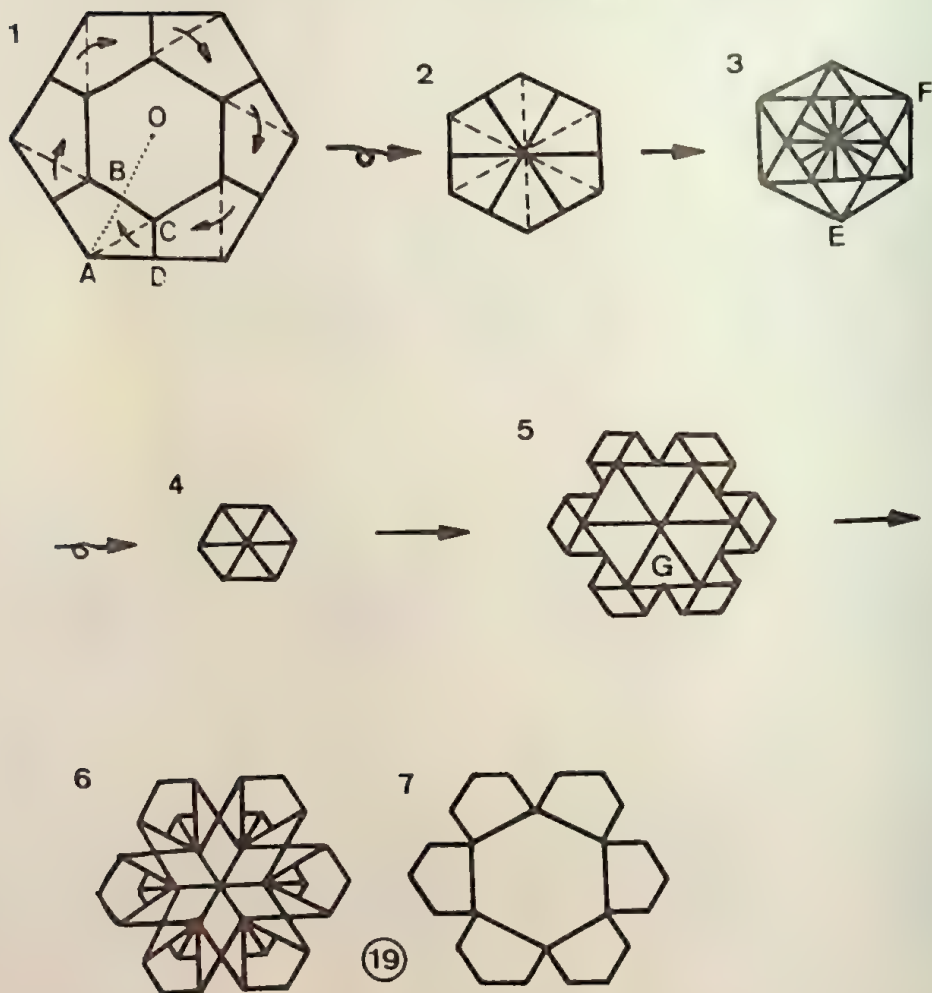


(3) 2分の1ずれより

外側の正六角形と内側の正六角形の位置がずれているものが「ずれ」ですが $OB : OA = 1 : 2$ になりますから、大きさは半分ではなくて内側のほうが少し大きくなります。

63 図版説明

- 1…BCとCDとを重ねAがOの位置になるようにまわりを折ります
- 2…折ったときの裏面です。重なっている三角形の部分を聞いて押すと3になります
- 3…図の三角をE Fの線でひとまわり裏面へ折っていきます
- 4…折って裏返したところ
- 5…4の裏から出します。Gのところを中心に合わせておろすと6です
- 6…雪の花の形になります
- 7…裏面



④ 8分の3ずれより

64 図版説明

右上…8分の3ずれの作り方

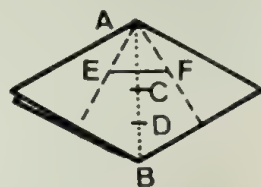
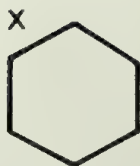
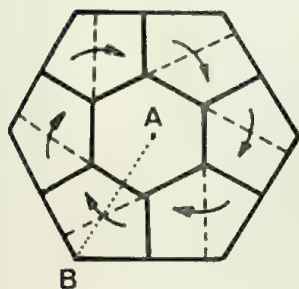
内側の正六角形の折り線をつけるには
正六角形を図のように折り、紙の中心
であるAをBに合わしてC、BをCに
合わしたDにAを合わした点を通るよ
うにEFの折りすじをつけます。

左上…基本折り。

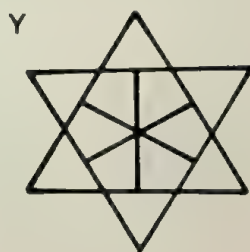
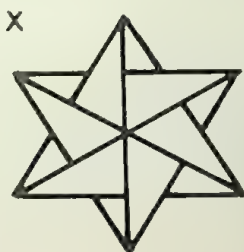
②①……おもだか。2分の1の①から作ります。

②②……2分の1の②から作ります。

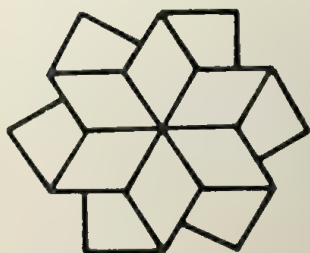
②③……中割りおもだか。③から作ります。



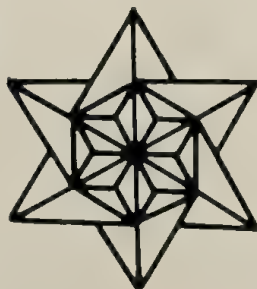
②①



②②



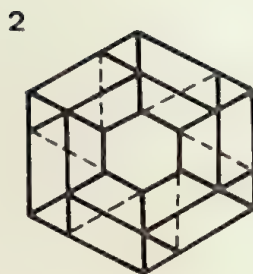
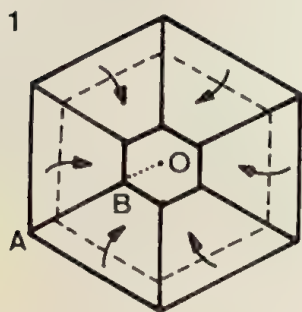
②③



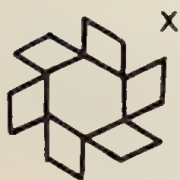
(5) 4分の1

65 図版説明

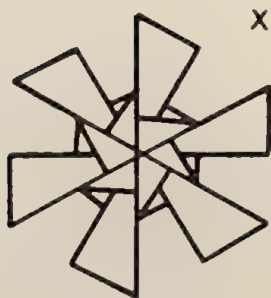
- 1…基本折り。OAの4分の1のOBをと
て内側の正六角形を作り、周囲の部分
を折ります。かどは一方方向にしておきます。
また裏側に折ると変化形になります。
2…ねじり折りによると、①になります。
③…裏を変化させると形がいろいろと変わ
ります。
④…ハントル（中）の六角形を①にしたもので
す。②③④⑤⑥⑧⑨にしても面白いもの
ができます。



23



24



6) 4分の1ずれ

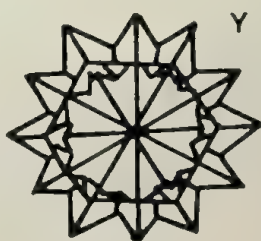
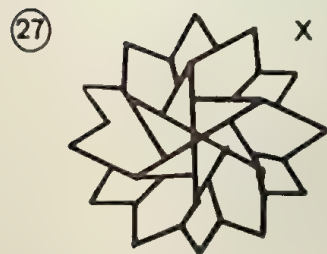
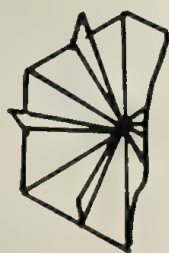
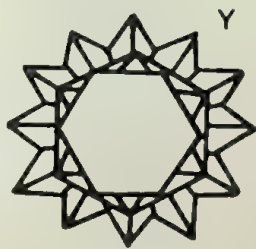
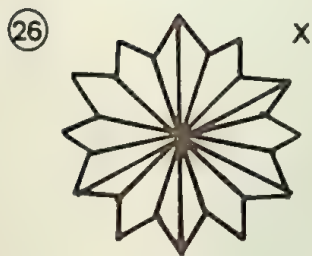
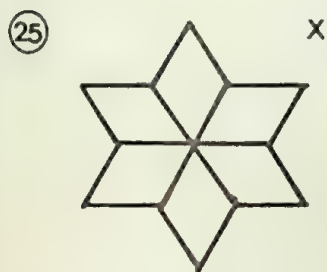
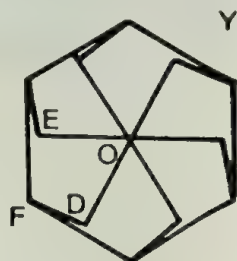
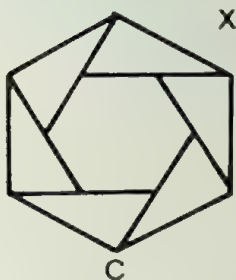
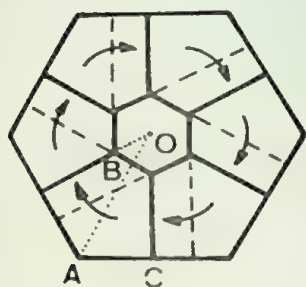
66 図版説明

一番上は基本折り。OBがOAの4分の1になるようにとり、ねじり折りにします。

②⑤…裏の各かどを表側に折って六角形の中へ入れます。茶卓。

②⑥…裏のDOをへこましてEOの線に接しOFの線を立てます。菊。

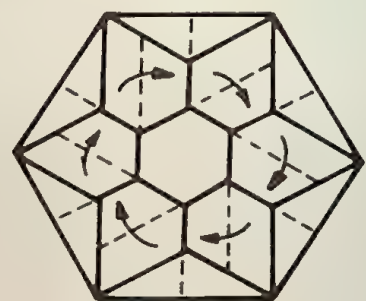
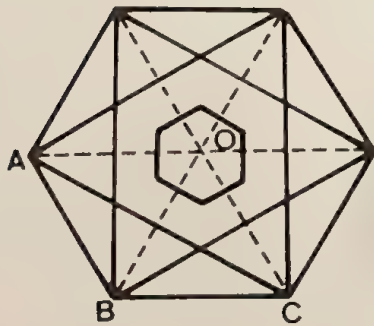
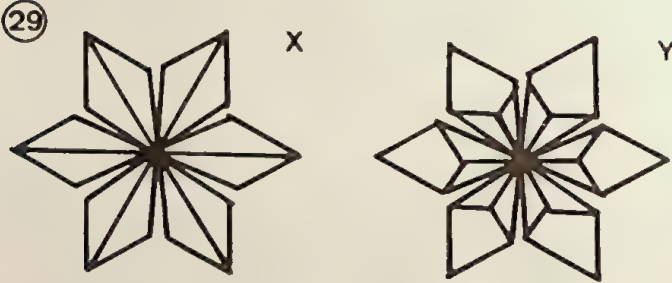
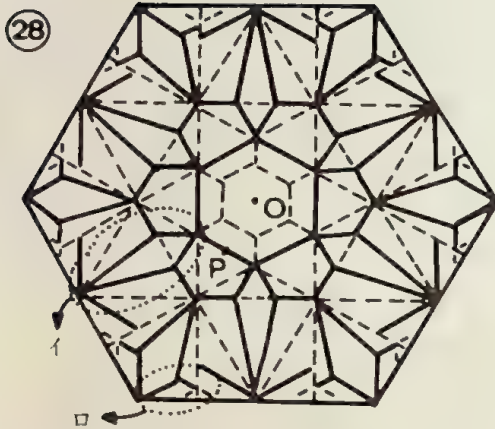
②⑦…表を②⑥と同じように作ります。ダリア。



67 図版説明

②⑤…蓮の花。②⑤の裏を②⑦と同じように折り、中の六角形を立ててイの部分を作り、六角形の辺の中点BをOに合わせます。ロの部分で花びらをとがらすと同時におん曲を保持するように折ります。

②⑨…六つ星。BをOに合わせてACを折ります。以下同じにします。全部の折りすしがついたらねじり折りにします。中の六角を外折にし、さらに花びらの間を中心折っていくとでき上りです

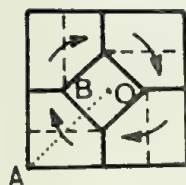


2 他の多角形

1) 正方形 4分の1ずつ

68 図版説明

③⑩は②⑤、③⑪は②⑥、③⑫は②⑦と同じ操作です。正六角形の基本パターンを他の正多角形に応用する場合は形がくずれて使えない場合もあります。①⑥などは正三角形以外にはすべて使用できます。



③⑩



③⑪



③⑫



(2) 正五角形 4分の1ずつ

69 図版説明

O BがO Aの4分の1になるように内側の正五角形を作ります

33…星茶卓。表を32と同じようにします

34…26と同じです

35…32と同じですが中より基本パターンは34を
取入れています

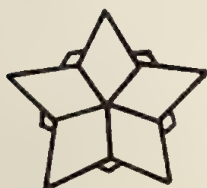


X

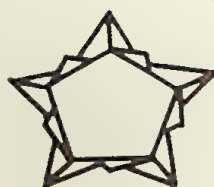


Y

33



X



Y

34



X

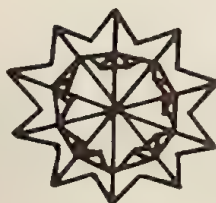


Y

35

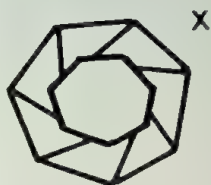
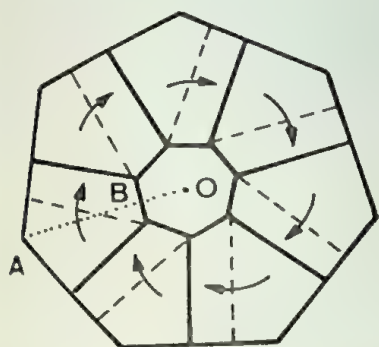


X

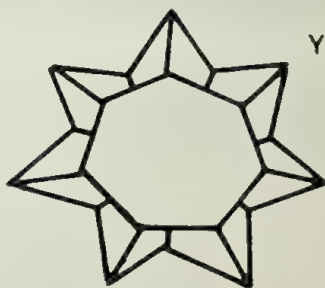
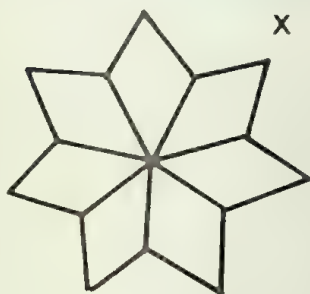


Y

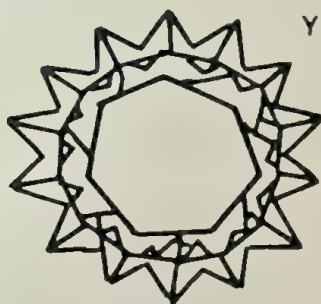
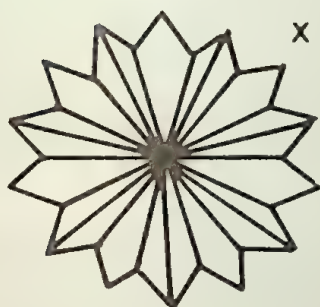
3) 正七角形 4分の1ずれ



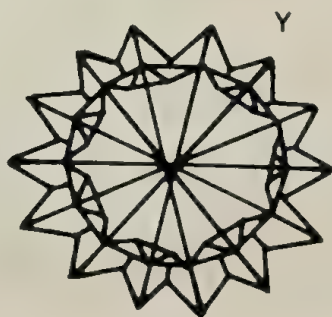
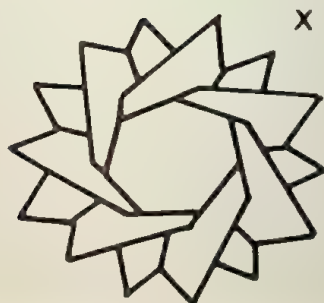
36



37



38

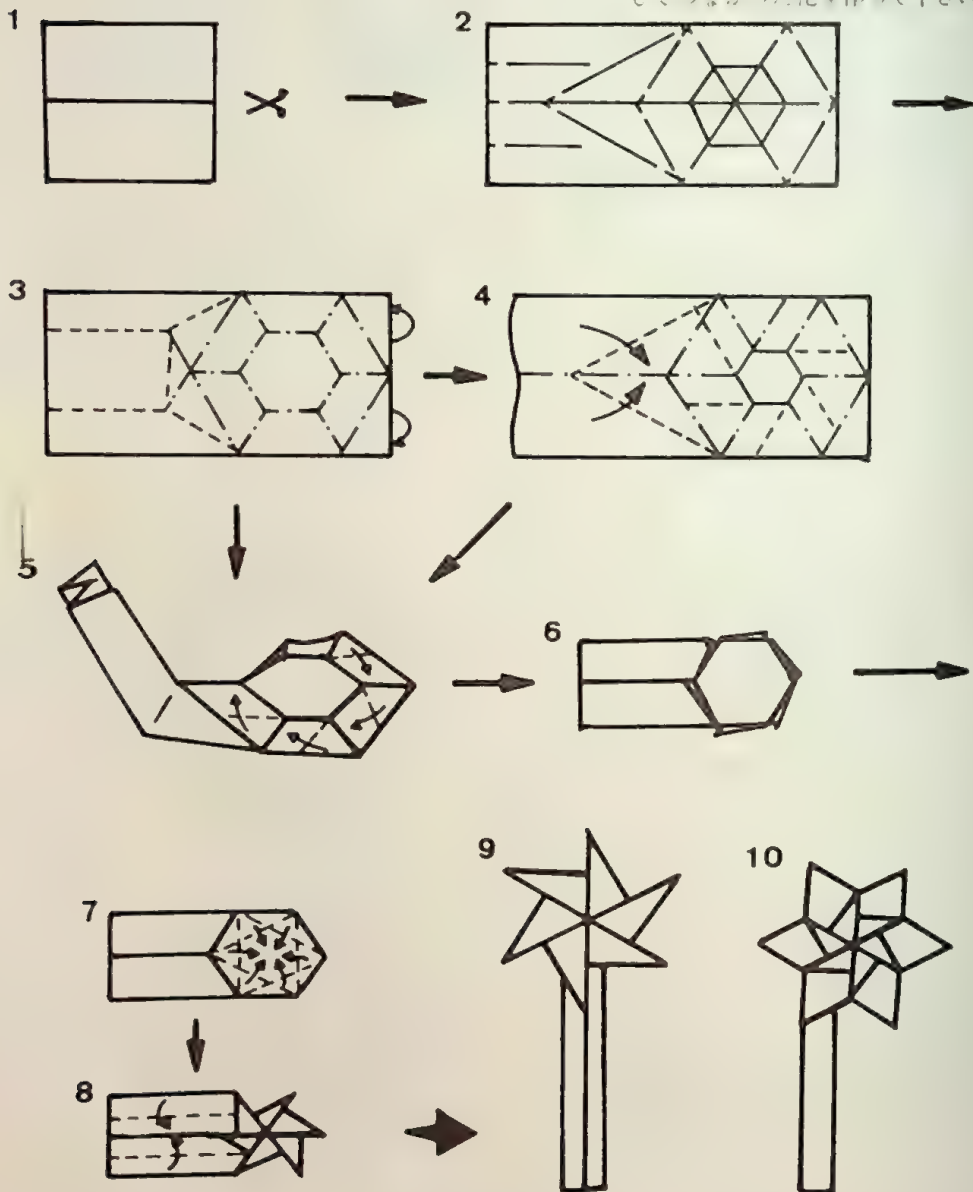


茎のついた花の折り方

71 図版説明

- 1…正方形の半分の紙を使います。なるべく両面おりがみの表が赤または黄で裏が緑系統のものがよいでしょう。
- 2…紙のはしに正六角形を作ります。内側の正六角形は2分の1です。

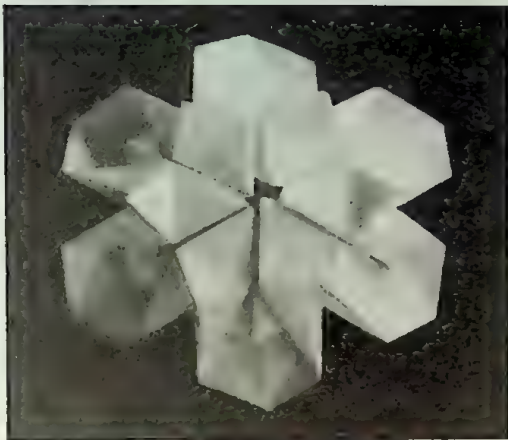
- 3…茎になる部分の折りすじをつけます。
- 4…内側の正六角形は外側の3分の1です。
- 5…ねじり折りにします。
- 7…花になる部分にいろいろ工夫するとよいでしょう。
- 8…風車になります。3から作ります。
- 10…水仙になります。4から作ります。
- 11…長い紙の中央で折ることができますから、連続してつなげた花を作ってください。



151 ①



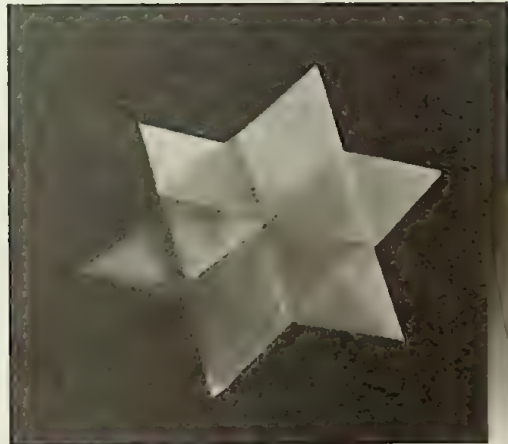
152 ②表



153 ①表



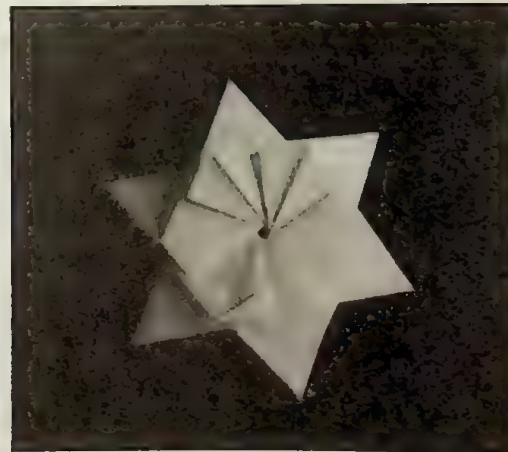
154 ①裏



155 ②表



156 ②裏



157 ③表



158 ④背



159 ⑤表



160 ⑥背



161 ⑦表



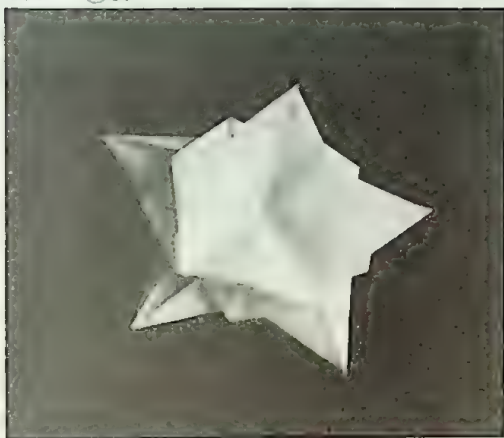
162 ⑧表



163 ⑬裏



164 ⑬裏



165 ⑬裏



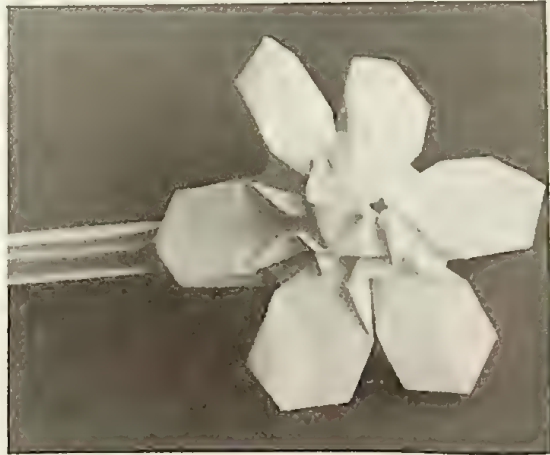
166 ⑬裏



167

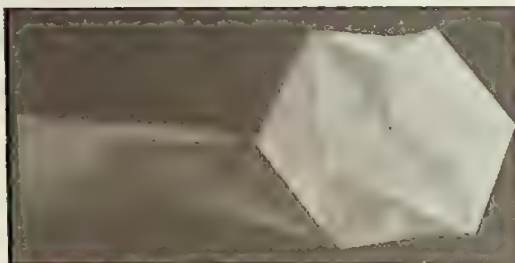


168

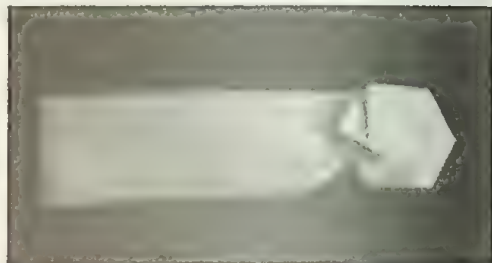


ラッパ水仙の作り方 (㊟の応用)

169



170



171



172



173



174



175



176



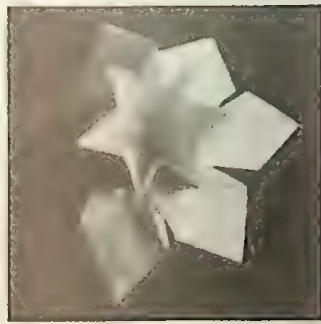
177



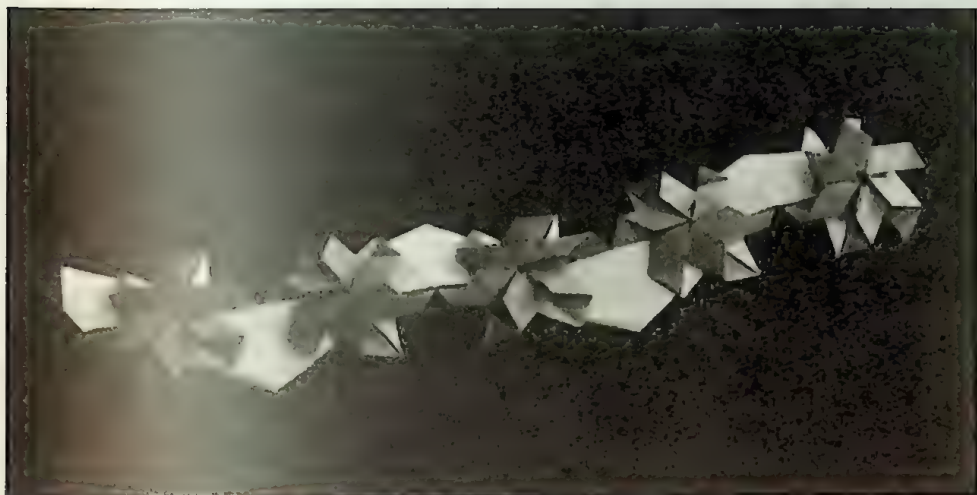
178



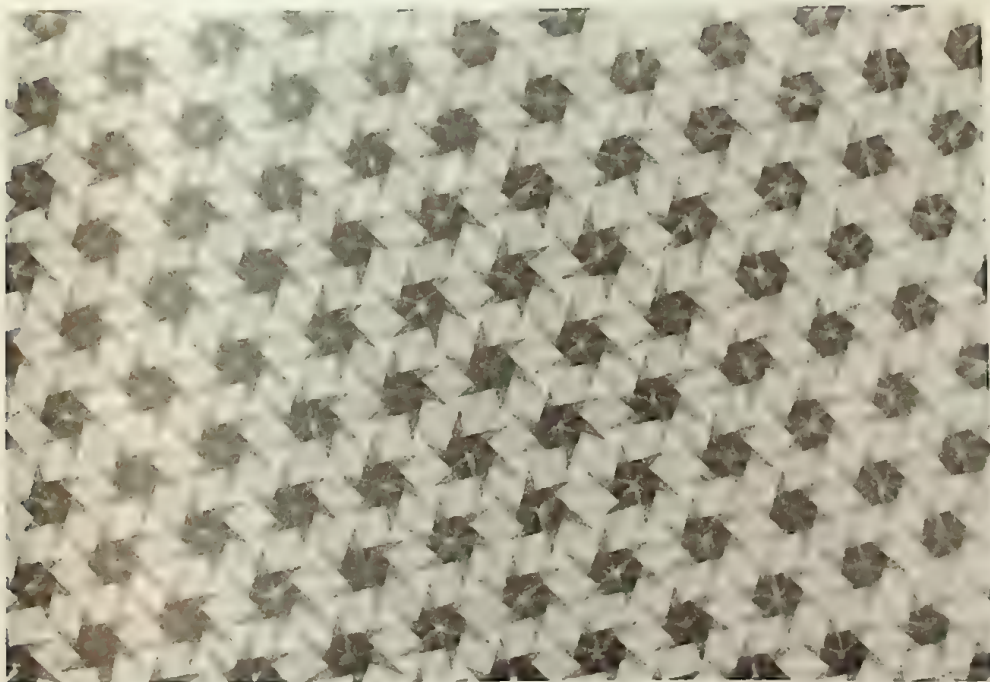
179



180 連続ねしり折り

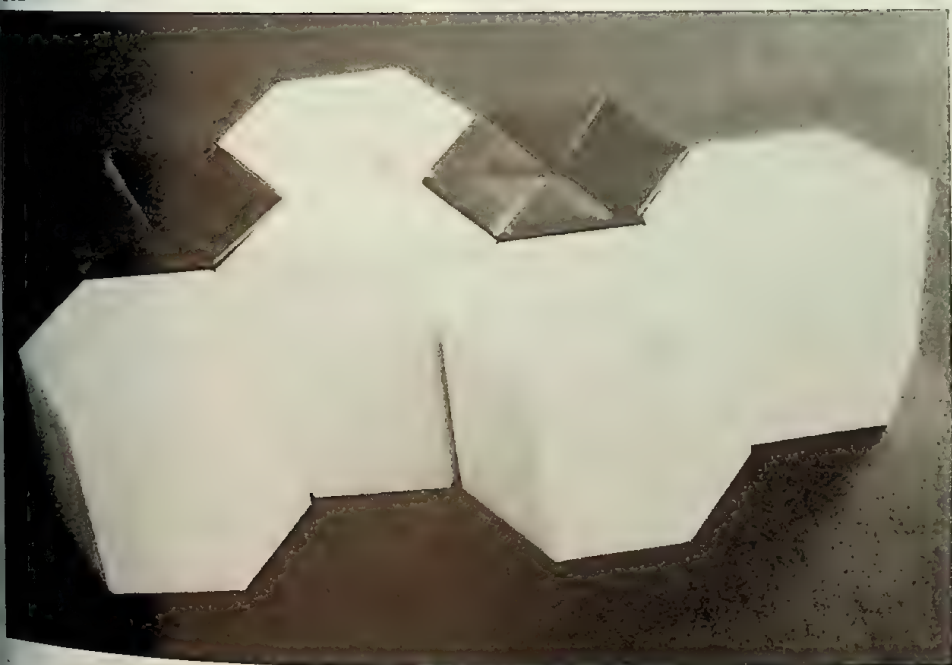


181 連続ねしり折り（半織り）



第五章

空間をうずめる



アラベスクという装飾文様があります。厳しい規制や戒律を徹底的に信者に課す信仰世界のイスラム教が作りだした美術形式です。写真183のように、びっしりと抽象図形が空間をうずめつくして超現実世界を作り出す独得の美術形式です。

写真184。これはまた異質の文明、中南米アンデス山脈の中で発達したマヤ文明の石積みの遺跡です。カミソリ一枚の入るすき間もないと言われます。

ここで当突にこのような話を持ち出したのは、この章では空間をうずめる問題を取扱ってみようと思っているからです。

平面上ですと、正方形でも、正三角形でも、正六角形でも、単一の合同な正多角形で平面をうずめつくすことができます。大きさをかえれば種類はもっと増えます。これがタイルです。ところが立体となると正六面体以外には

単一の合同な正多面体で空間をうずめつくすことはできません。このことは平面と立体、言いかえると二次元空間と三次元空間の違いを明瞭に表しているように思います。

1 一種類の正多面体

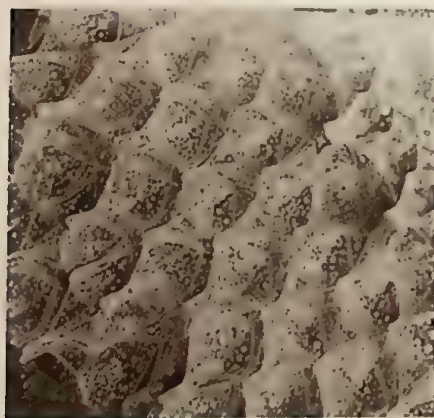
正多面体を一種類だけ使って空間をすき間なくうずめつくそうとすると、そののできる立体は正六面体だけで、他の4種類はいずれもできません。ところで、正六面体は次のいくつかの立体で作ることができますから、それらの立体も空間をうずめられるわけです。

正四面体と直角四面体

正四面体と正八面体と直角四面体
等稜十四面体と正八面体と正四面体と直角四面体

八角星と直角四面体

183



184



2 二種の正多面体

正多面体のうち正四面体と正八面体の2種の立体を用いると空間をうずめることができます。正十二面体や正二十面体は面の数が多すぎるので空間をうずめることはできません。

等稜の正四面体と正八面体とを作って組み合わせると空間をうずめることができます。この組み合わせは鉄骨を組んで作る建築物に使われていますから街で見かけることもあるでしょう。

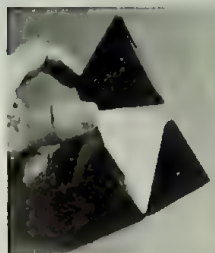
写真185～187

3 合同図形で囲まれた一種の立体

正多面体以外で合同な図形で囲まれたただ一種類の立体で空間をうずめようとするとそれは菱形十二面体よりありません。したがってこの点から見て菱形十二面体は特異な立体だと言えるでしょう。

菱形十二面体も他のいくつかの立体で組み立てて作ることができますからそれらの立体もまた空間をうずめるこ

185



写真説明

185…正四面体と正八面体の組み合わせ。

186…同上。

187…同上。

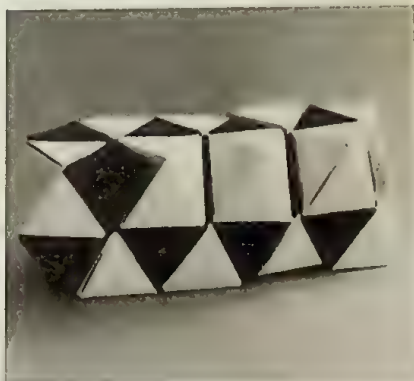
188…菱形十二面体の組み合わせ。

189…菱形十二面体を作る立体の組み合わせ。

186



187



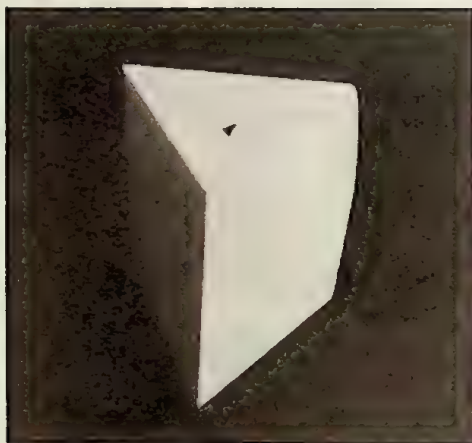
188



189



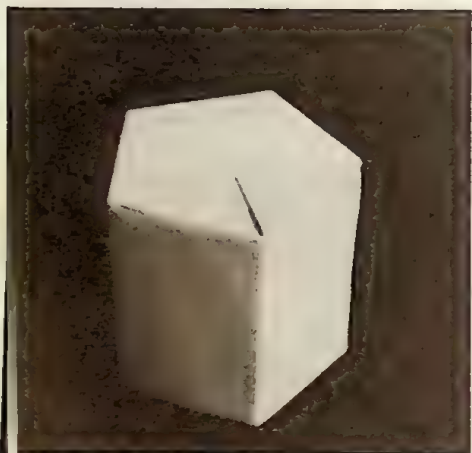
190



191



192



193



194



195



とができるわけです。すなわち

八面体

八面体の半分の立体

直角な面をもつ四面体
です。

4 一種の立体

正六面体と菱形十二面体以外で一種の立体で空間をうずめつくせるのは切頭八面体と角柱とがあります。

角柱はレンガを考えてもらえるとわかるように四角柱で空間をうずめられますが、正三角柱や正六角柱でも空間をうずめることができます。正六角柱の作り方は125ページ、正四角柱の作り方は126ページ、正三角柱の作り方は127ページを見て下さい。

5 二種類の立体

切頭四面体と正四面体、等稜十四面体と正八面体を組み合わせると空間をすきまなくうずめることができます。

写真説明

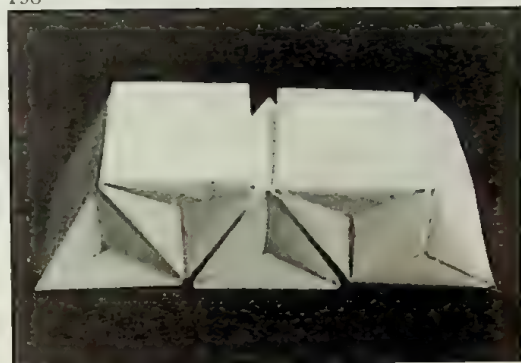
196…正三角柱を組み合わします。

197…正四角柱を組み合わします。

198…正六角柱を組み合わします。

199…切頭八面体を組み合わします。

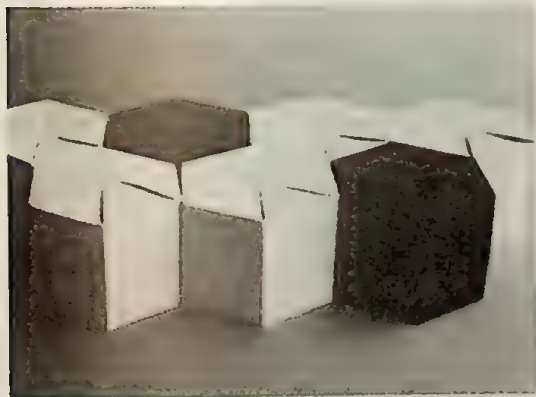
196



197



198



199



写真説明

200…切頭四面体を組み合わせたものです。あいだに小さな空間ができるので、ここに正四面体を入れます。

201…等稜十四面体を組み合わせたものです。あいだに正八面体を入れます。

202…六角箱。

203…六角箱の底、わしり折りになっています

204…いろいろな箱

205…いろいろな箱

200



201



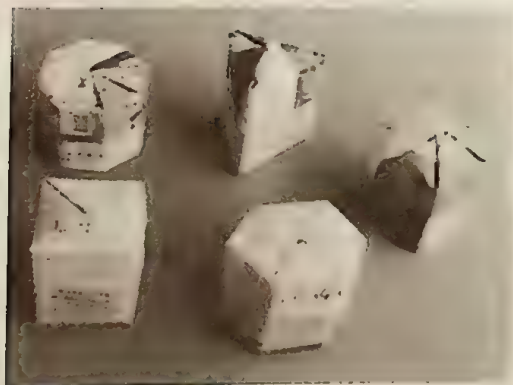
202



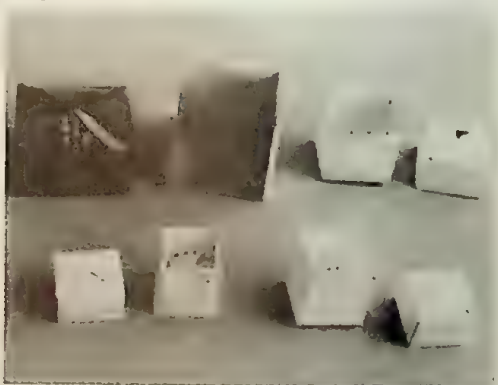
203



204



205

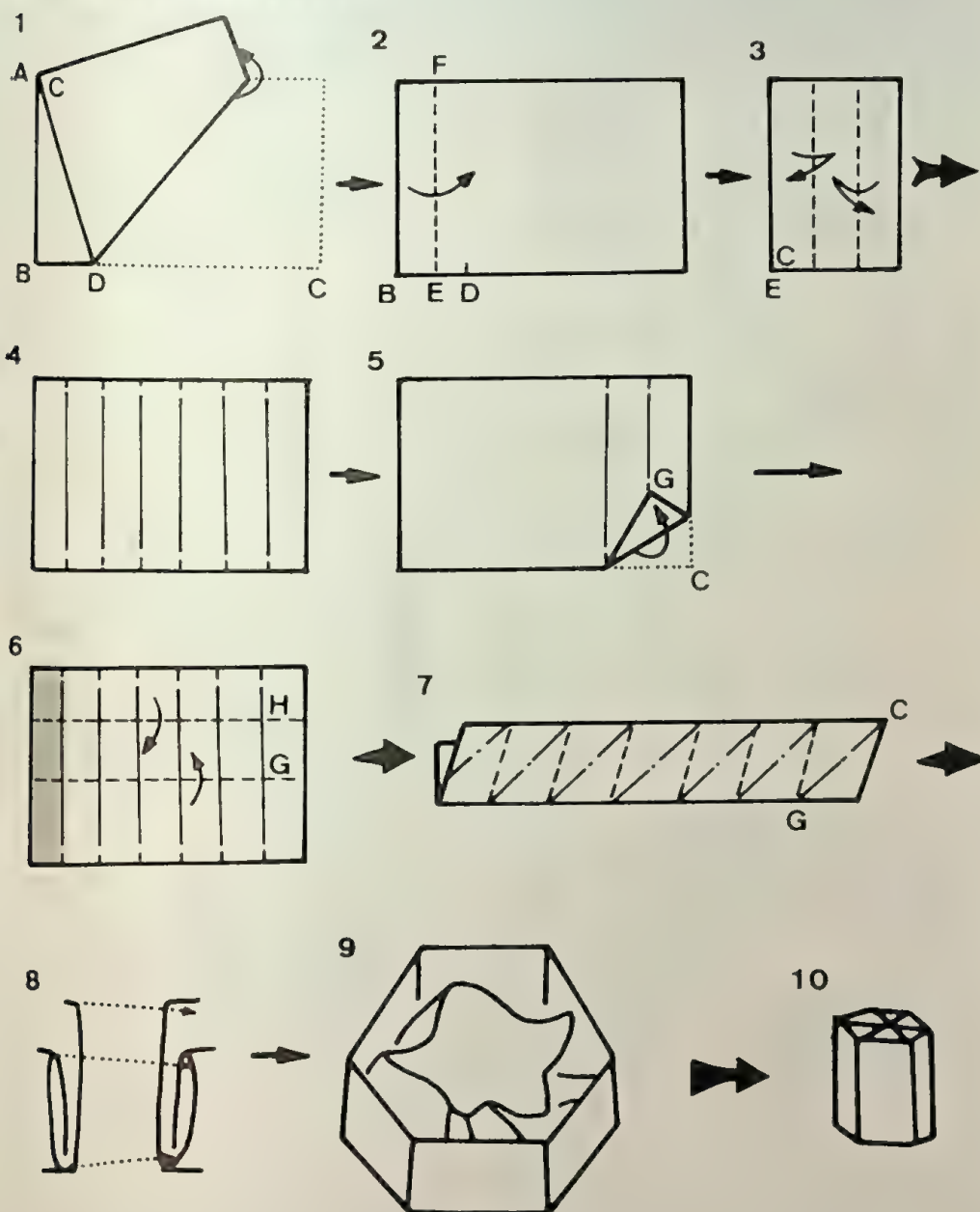


正六角柱の折り方

72 図版説明

- 1…AとCを重ねてDをきめます。
- 2…BとDを重ねてE Fで折ります。
- 3…EとCを重ねて3等分します。
- 4…Cを図のようにしてGをきめます。

- 5…Gを通るように折り、Hでも折ります。
GHが高さになります。
- 6…図のように折って底の部分を作ります。
- 7…底になる部分を内側にして輪にし、重ねしるの部分を図のようにさしこみます。
- 8…底の部分をねじり折りにします。

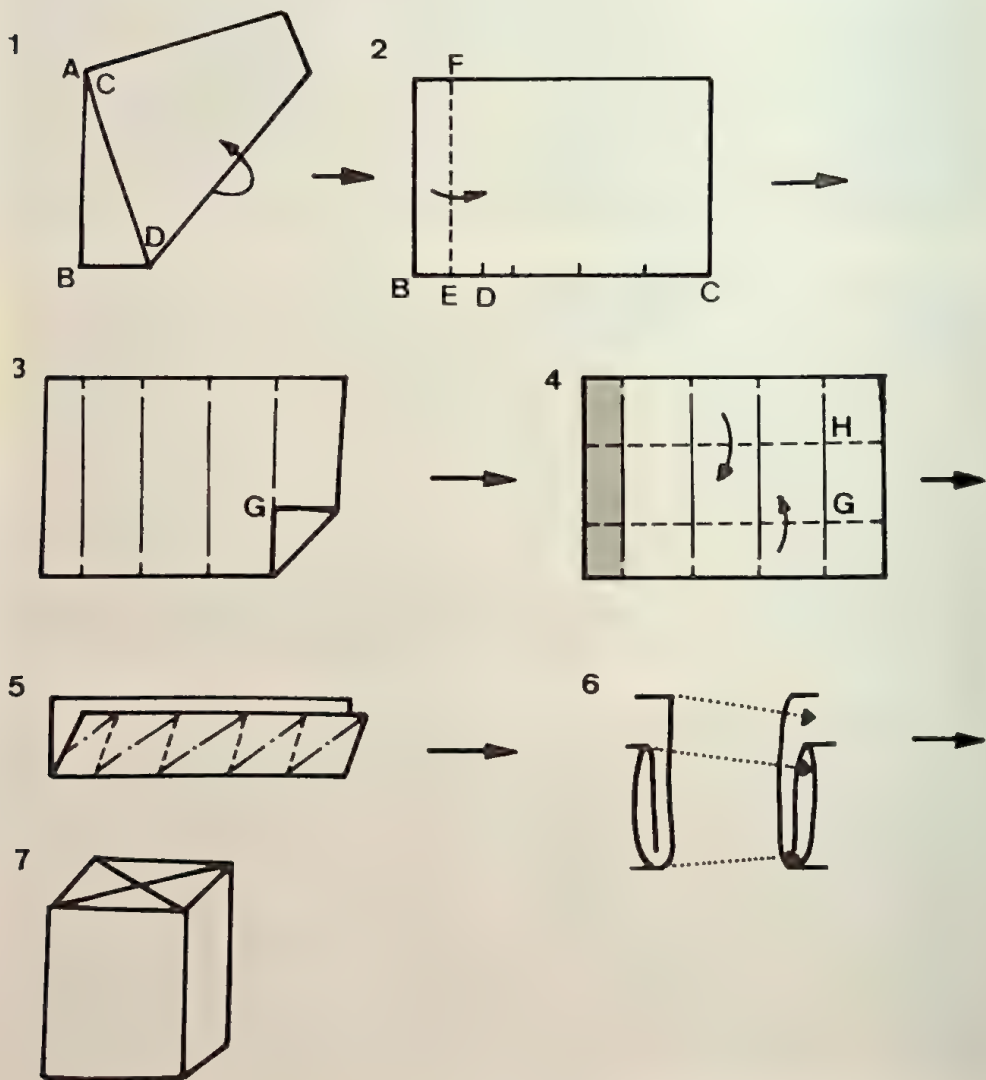


正四角柱の折り方

73 図版説明

- 1…AとCを重ねてDをきめます。
- 2…BとDとを重ねてEをきめEFを折ります。EFの左側が重ねしろです。
- 3…ECを4等分してGをきめます。
- 4…Gを通るように折り、Hのところでも折ります。GHが高さです。

- 5…4のように底になる部分を作ります。
- 6…輪の端を4のようにさしこみ、底になる部分をねじり折りにします。もうひとつ心もち大きさのちがうものを作って組み合わせるとより良くなります。



いろいろな角柱の折り方

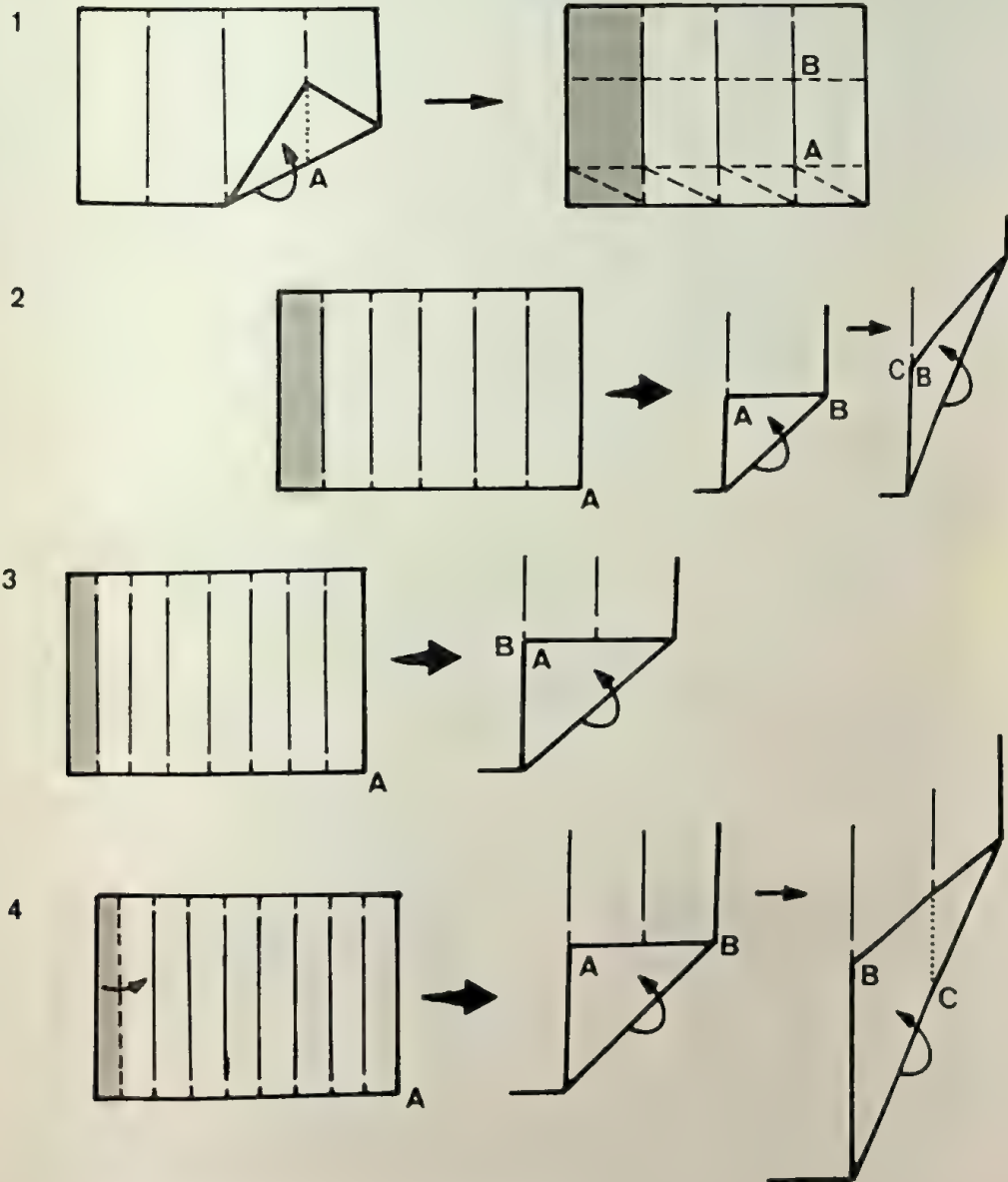
74 図版説明

1…正三角柱 4等分して底になる点Aをきめます。

2…正五角柱 6等分して底になる点Cをきめます。

3…正七角柱 8等分して底になる点Bをきめます。

4…正八角柱 重ねしろをとってのりを8等分し、底になる点Cをきめます。



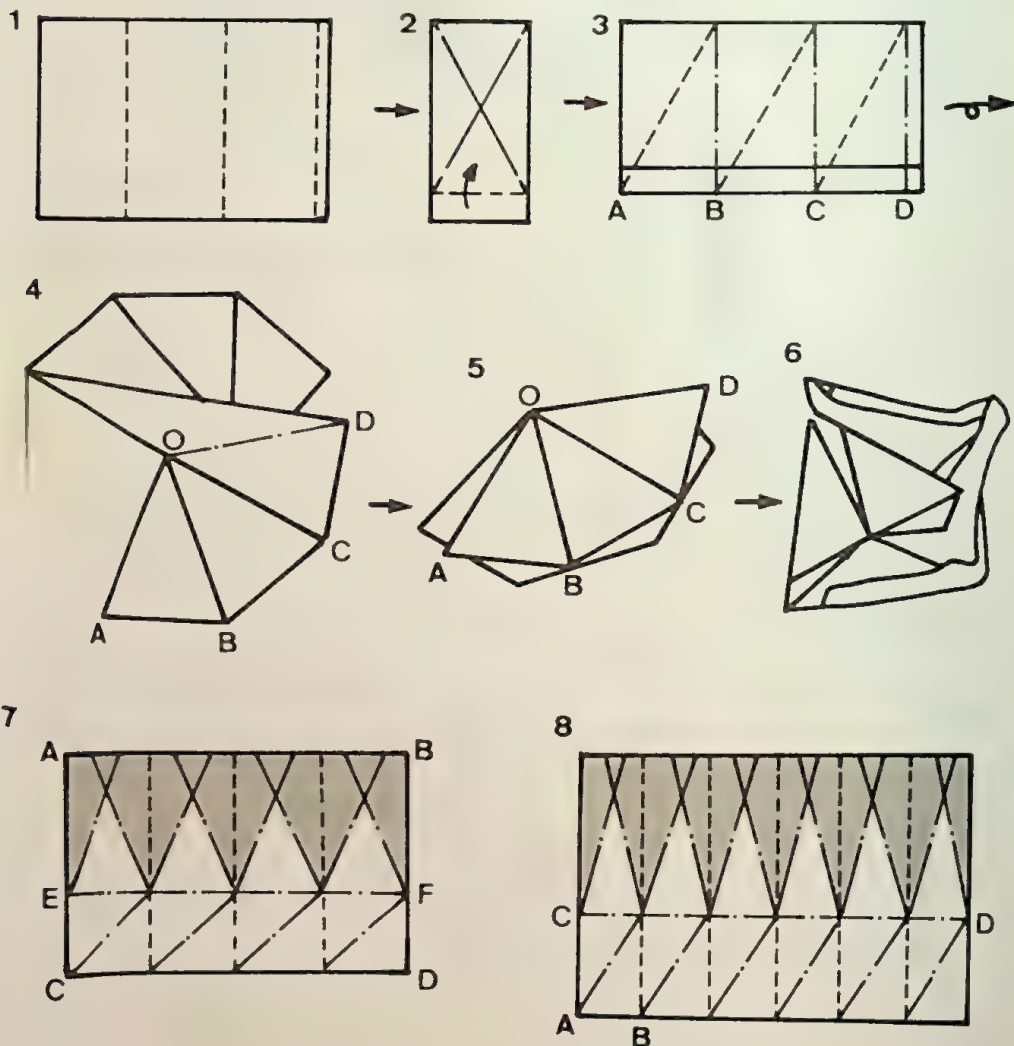
角錐の折り方

75 図版説明

- 1…三角錐を作ります。等間隔に三つに折ります。
- 3…図のように折りすじをつけます。
- 4…ODの線で折ります。
- 5…重ねたままでOA、OB、OCの折りすじを強くつけ、扇形OABCDよりはみだした部分を折りこみます。
- 6…折り返しの部分を出し、裏側の折りすじを山につけなおし頂点Oを中心に全

体を巻きこわすようにして三角錐にし、折り返しの部分でまとめます

- 7…四角錐を作ります。4等分してAEFBで四角錐を、ECDFで底を作ります。底はDから折っていき最後にCを差しこみます
- 8…六角錐。6等分し、底になる部分をAB:AC=1:3になるようにCDの折りすじをつけます



箱のファンタジイ

「おみやげにもらった箱を開くと中からぱっと白い煙がたちのぼり、あっというまにおじいさん」になった浪島太郎の玉手箱はタイムマシンだという説がありますが、宝物の入れものとしての箱、種々の悪徳や希望の入っていたパンドラの箱、花ムコ選びに使われる箱、箱には様々なイメージがあるものです。

子供の頃には誰でも自分の大事なものをそっとしまっておく箱をもっていたものです。大人にとってはつまらない石ころや木の実、紙の切れはしなどであっても、子供にとっては大切な宝物で、それらをしまっておく箱、親しい友人へのおくりものための小さな箱、箱には様々な用途があるものです。

そのようなチッチャなかわいくてきれいな箱を道具を全く使用しないで手軽に作れたらすばらしいのではないのでしょうか。

材料は紙です。身近にある紙ならなんでも作れますが、きれいに仕上げようとする場合にはいろいろな模様の包装紙や千代紙などを使います。形は三角箱、四角箱、五角箱、六角箱、七角箱、八角箱……なんでも作れますが、形の良いのは六角箱が最高です。丸い正二十面体の形のかわり箱も作ってみましょう。40ページ。

紙で箱を作ることは、小学校の教材として古くから使われているものだと思います。箱を作るための展開図というものが、よく教科書などにあったものです。しかし、箱作りとはいっても、折り紙で作るのですから展開図など書くわけではありません。物指しも、定規も、エンピツもハサミも、ノリも、他のいっさいのものを使わずに、ただ紙だけを使って作ります。印刷の模様が思いがけない効果を生じたりしますから、小さく作って小物入れや、大きく作ってクズ入れにして、そのまま使いすてにもできます。いろいろと工夫をしてみてもいいでしょう。

箱はふたになる部分と身になる部分とをそれぞれ一枚の紙で作ります。そのさいふたになる部分の紙は身になる部分の紙よ

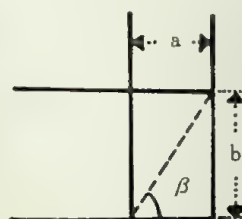
りほんのすこしだけ長さを大きめにしておく必要があります。

箱の形はすべて正多角柱か正二十面体の形になります。したがって底になる部分（正多角形になる部分）の長さがきまればどの形のものでもできるものです。箱の形と底の長さの関係を表にあらわしておきますから、作り方を紹介していない箱も作ってみられたらどうでしょう。

箱は角柱の応用ですが、細長い角柱の途中で一回ねじったものを作るとコケシができます。また箱のふちを変化させたものを作るとツボになります。箱そのものにも変化をもたせられます。折りはしのない箱や重ねあわせのある箱を作ると面白くなります。またガワのところにすき間を作って花をさしこむと花立にすることもできます。

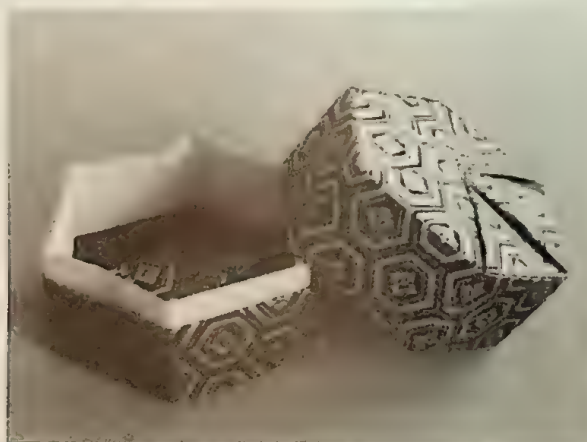
正多角形の箱を作るときの底の取り方

正n多角形	β (度)	$\tan\beta$	$\tan\beta$ 参考
3	30°	0.58	$1/\sqrt{3}$
4	45°	1.00	1
5	54°	1.38	$\sqrt{1+2/\sqrt{5}}$
6	60°	1.73	$\sqrt{3}$
7	64.286°	2.08	—
8	67.5°	2.41	$1+\sqrt{2}$
9	70°	2.75	一般に
10	72°	3.08	$\beta=90^\circ\left(\frac{n-2}{n}\right)$



$$\tan\beta = \frac{b}{a}$$

$a=1$ のとき
 $\tan\beta = b$

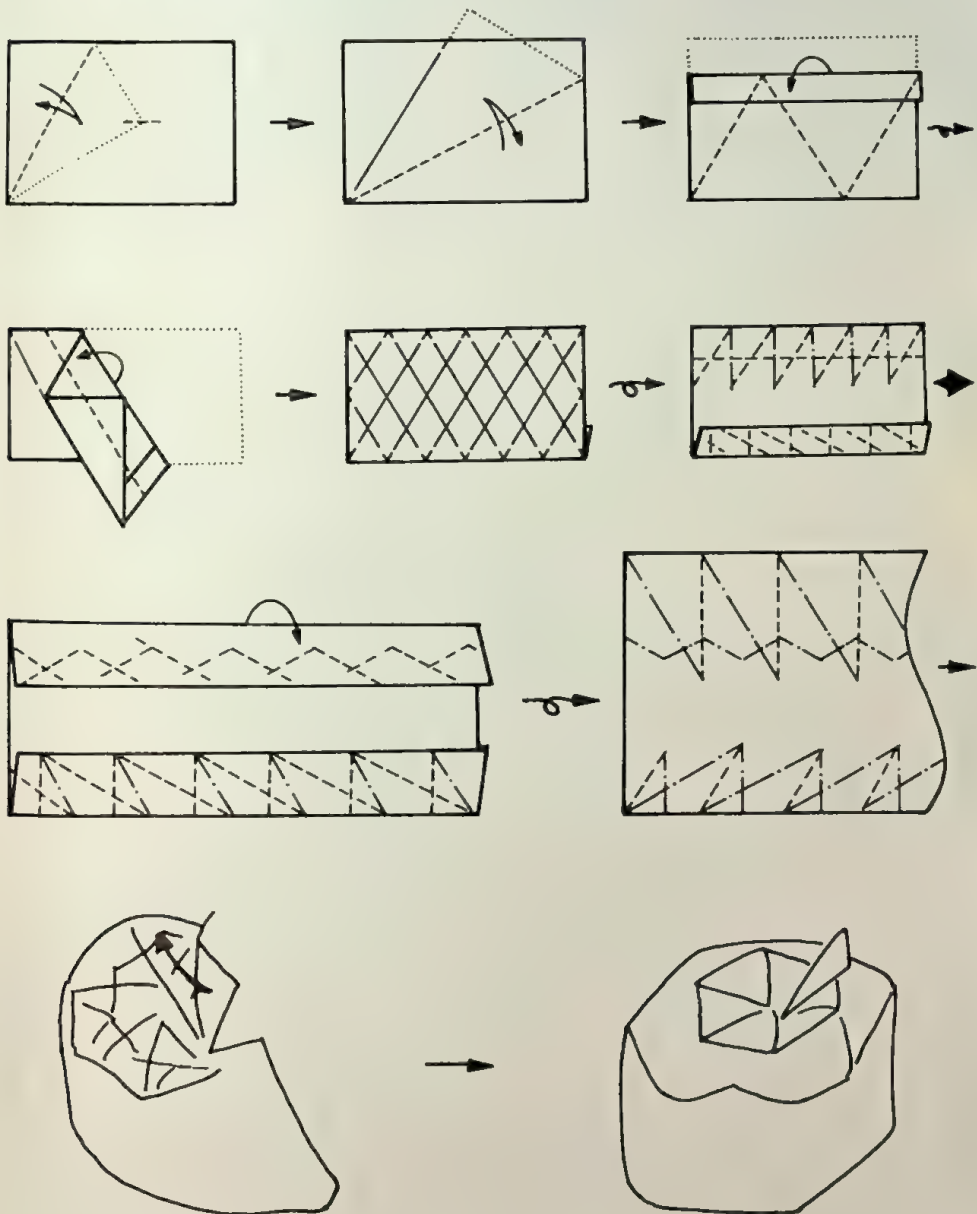


リンゴの折り方

77 図版説明

正三角形の折りすじを入れます。はじめの正三角形は、横に1個半、縦に1個になるよう

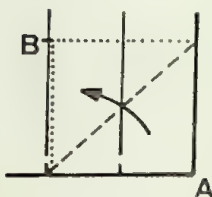
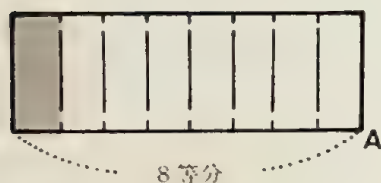
に上部を折ってから折ります。もう半分、半分の折りすじを入れてから、図のように折りすじをきっちりとつけて、輪になるように折り重ね、はしを出すと出来上ります。



種々の箱の作り方

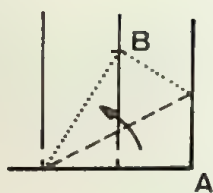
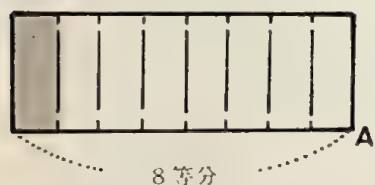
紙を2枚用意します。フタになる1枚は1:3くらい、ミになる1枚は1:2くらいでフタよりほんのすこし短くします。また四角箱や五角箱は多少幅広く、ガワを四重にするとき幅をかなり広くとる必要があります。

七角箱

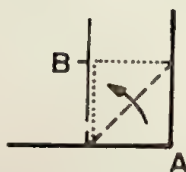
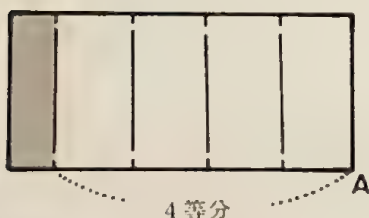


以下
右ページへ
続きます

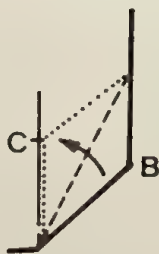
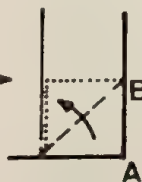
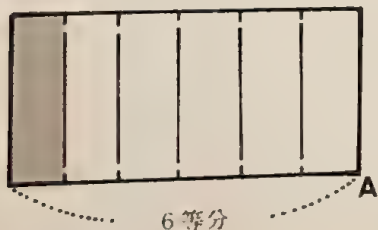
六角箱

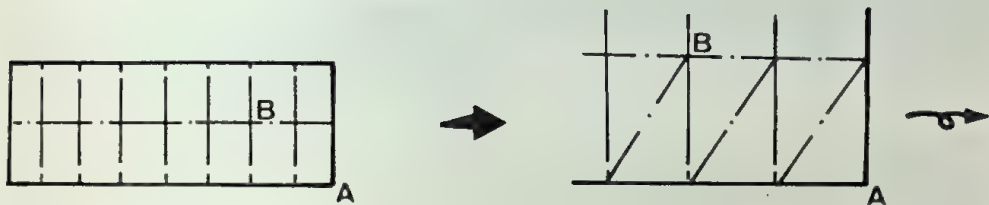


四角箱

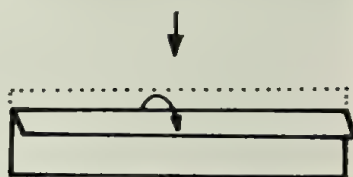
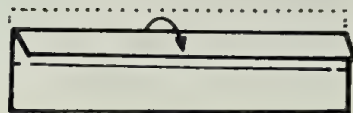
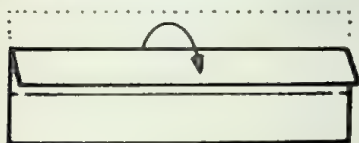


五角箱





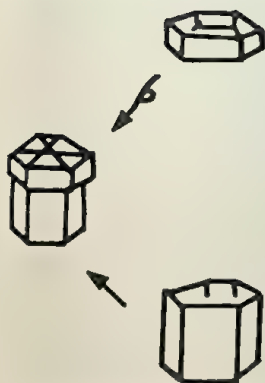
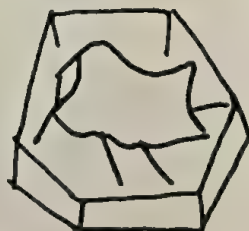
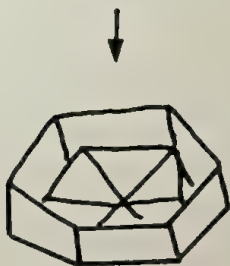
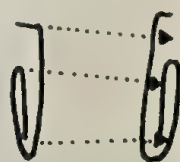
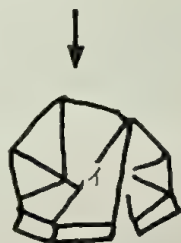
ガワを四重にするとき、
たての線をすべて山折りに折りかえます。



折りすじ通りに重ねていき底に
なる部分を作ります。最後のイ
のところを下に入れかえて重ね
ガワを作ります。



六角箱の場合。
はしの重ねしろのところ
をさしこんで輪にします。
ガワを先に作ります。

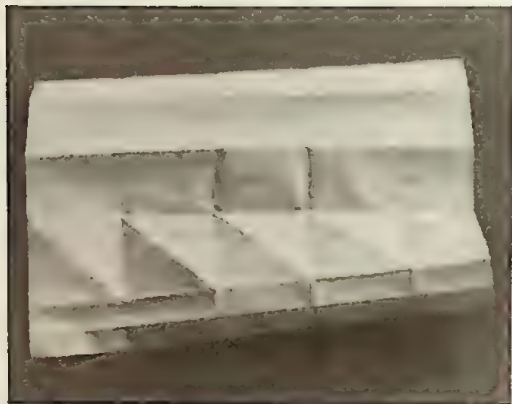


折りはしのない箱の作り方

写真説明

図のように折りすじを作り、両はしを折ってねじり折りにして短い部分をさしこみます。

208



209



210



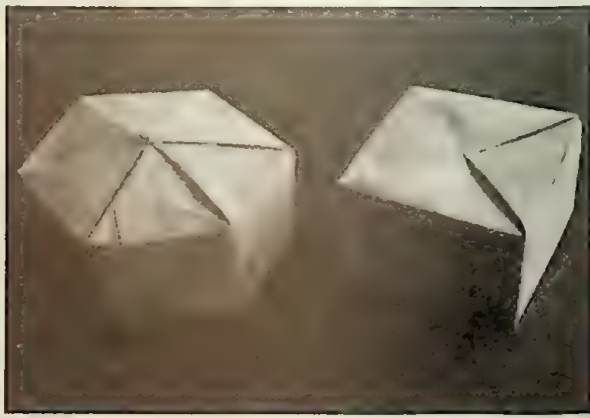
211

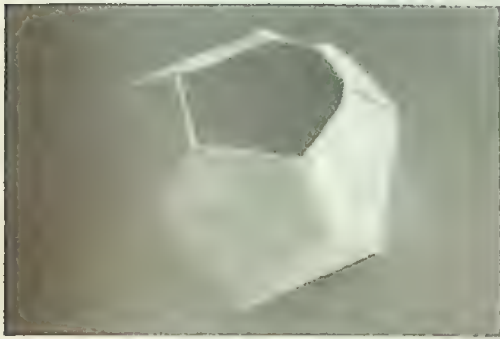


212



213





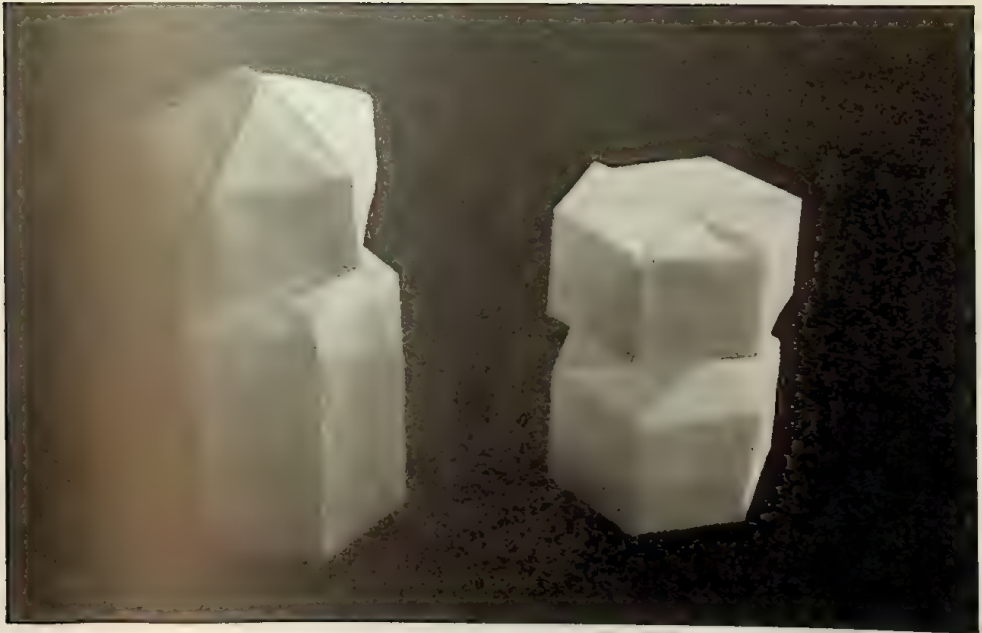
214 ツボ

216 コケシ



215 リンゴ

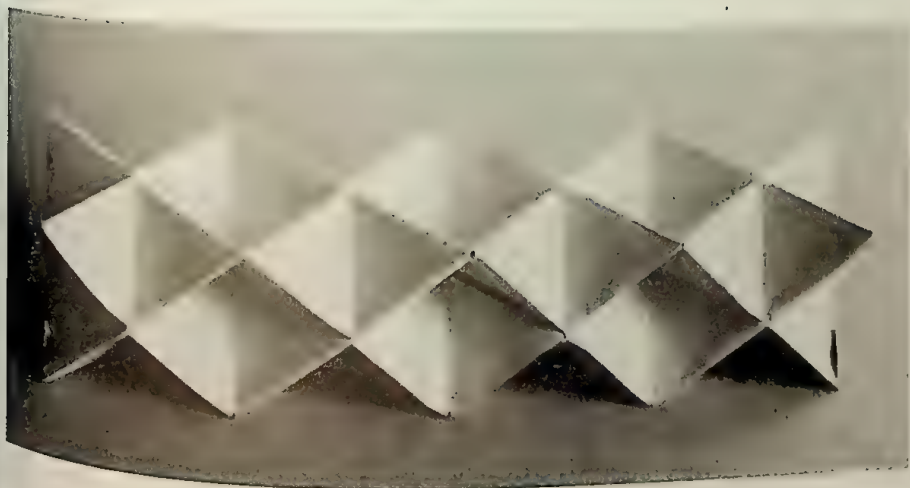
217 コケン



第六章

ミクロの世界・

折り紙結晶学入門



すべてのものが原子でできているということは、今では小学生でも知っています。しかし、なにしろ1cmの空気中に30000000000000000000個ほども存在する原子のことですから、世界最大の電子顕微鏡を使っても見ることはできません。いままでに世界の誰一人として原子を見た人はいないわけです。そんなに小さな原子を様々な方法を使ってその存在を知り、大きさや性質を知ることができるので、今では原子の存在を疑う人はありません。

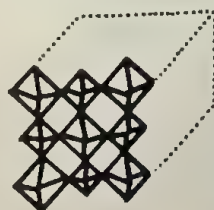
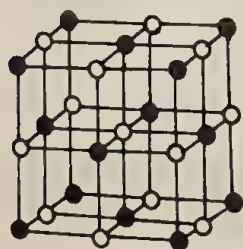
すべてのものが原子からできていることを最初に言いだしたのは、プラトンなどと同じようにやはりギリシヤ人で、その中のデモクリストという人が有名です。この人は「カラシが口の中をヒリヒリさせるのは、カラシの原子がトゲトゲのある形をしていてのどをひっかくからだ」と面白い説明をしたといわれていますが、見ることでできない極微の原子の存在を見破ることは大したことです。

すべてのものが原子からできていることを誰もが知っているといいましたが、水や空気や石ころ、とくに金属になると原子でできていることを疑う人

はありませんが、生物、サクラの花や人間などになると大分あやしい人がいるようです。その点この本のはじめにあげたダイヤモンドや水晶などのように固くてきれいな外形をした固体になると、原子でできていることに疑問をいだく人はまずありません。このダイヤモンドや水晶のようなものを結晶とって、目に見えない小さな原子が規則正しく並んでいます。

ところで、目にも見えない小さな原子が規則正しく並んでいることがどうしてわかるのか、いかにも不思議なことです。これは1912年にラウエという人が、結晶にX線を通すと奇妙な模様ができることを発見したのがきっかけで、波としてのX線が結晶の中の原子でみだされてできる現象の模様から原子が規則正しく並んでいることがわかるわけです。原子の種類や原子の並び方などが違えばX線の模様もちがってくる筈なので、X線を使って最初に結晶の構造を明らかにしたのはブラックという人で、1913年に岩塩の結晶を使いました。

岩塩の結晶は、よく知られているように塩化ナトリウムNaClですが、塩素



80 図版説明
岩塩の結晶構造。黒丸はCl原子で白丸はNa原子。大きい正八面体はCl、小さいのはNa。

原子clとナトリウム原子Naの二種類の原子が網目状にお互いにつながって配列しています。このように前後左右上下に無数の原子が規則正しく並んで結合しているものを結晶と言うのです。

岩塩の結晶は図80のように、原子の組み合わせた立方体がレンガのように積み重なったものとみなしてもよいでしょう。ひとつひとつの原子の場合では、ひとつのNa原子に6個のcl原子が、ひとつのcl原子に6個のNa原子が結合しているわけです。Naclと言っても、1個のNa原子と1個のcl原子とが組み合わせたものの集まりとはちがうのです。

こうした、原子が規則正しく並んだ結晶構造模型を折り紙で作るのがこの章のテーマなのです。

岩塩の結晶構造模型を作るには、正八面体を作ってこれをcl原子とします。正八面体の作り方は34ページにありま

す。Na原子も正八面体ですが、cl原子を作った紙の半分の大きさの紙で作ります。この二種類の正八面体を図80のように組みたてると出来上ります。岩塩は外形が正六面体の形になりますがNaとclとはそれぞれ色をかえるとよくわかります。

第1章で作ったダイヤモンドでも、岩塩の場合でも1つの立体が1つの原子を表しているのだから原子の配列のしかたがよくわかって良いのですが、結晶の中の原子の規則正しい配列のしかたは1つの立体そのものを使ってもわかりやすいので、この章ではしばらくは1つの立体で原子配列を表わすことを考えてみたいと思います。

結晶は原子が規則正しく並んでいます。そして気体などとは違ってできるだけ近いところにぎっしりとつまっていると考えられます。原子をひとまず球形をしていると考えて、原子を平面

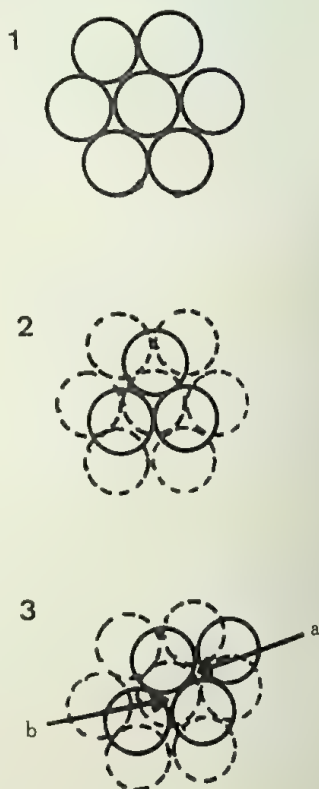


にできるだけすき間なく並べてみると図81のようになります。これが立体になるとひと通りでなくなります。図81の原子の並びの上に2層目の原子を並べるには、第1層のくぼみのところに原子をおけば良いのですが、第3層になると並べる方法に2方法があって、そのどちらになるかによって結晶の形が全くちがったものになります。図81の3層目を2層目のくぼみにおくには第1層の真上に来る場合と真上でない場合の2通りがあるわけです。

原子はほとんどがこのどちらかの集まり方をすると考えられるのですが、原子の空間配列を考えるためにある枠組みがあって、そのなかのきまった位置に原子がくるとします。この枠組みを原子の格子と呼びます。図81のaの場合、正六面体の各頂点と面の中心に原子をおいた形になるので面心立方格子、もうひとつの場合を六方格子と

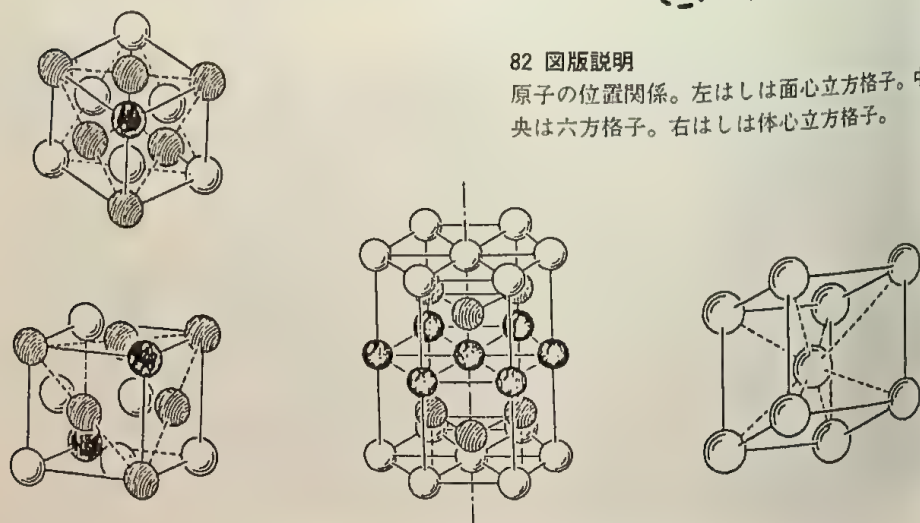
81 図版説明

原子の立体配列のしかた。1は1層。2は第2層。3は第3層目のちがいを表わします。



82 図版説明

原子の位置関係。左はしは面心立方格子。中央は六方格子。右はしは体心立方格子。



写真説明

221…面心立方格子の原子配位

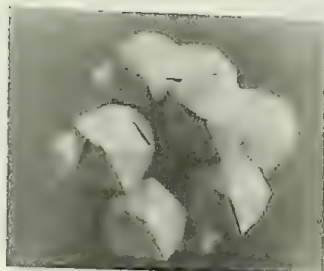
222…面心立方格子

223…六方格子

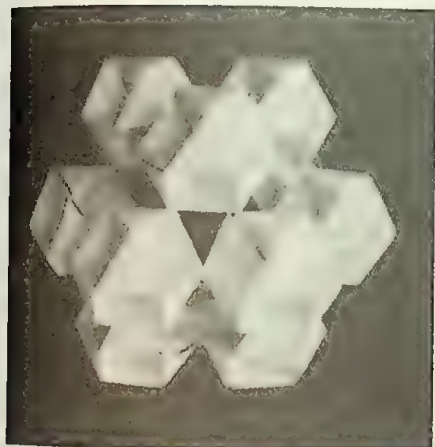
224…体心立方格子

225…体心立方格子

221



222



223



224



225



います。図82に両者の配列を図示しています。ただ、ものによっては、正方形の頂点と中心に原子が位置する体心立方格子になる場合があります。

このような結晶を作る原子の並び方を正二十面体や等稜十四体を使って作ることができます。141ページの写真を見て下さい。しかし、このような作り方では立体をたくさん作る必要があるので、簡単にひとつの立体で原子の並び方を示すことを考えてみます。

1 面心立方格子を表す立体

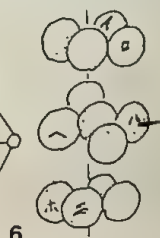
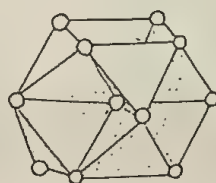
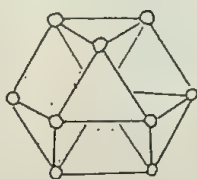
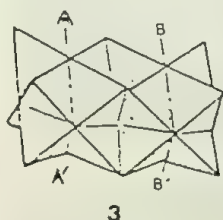
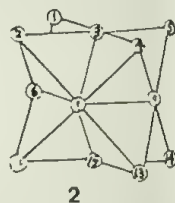
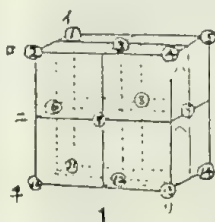
ひとつの立体で面心立方格子を表わすのはなんといっても立方体、正六面体です。正六面体の各頂点と面の中心に位置する原子を図83-1の①～⑭とすると、③⑥⑦⑧⑨⑫を頂点とする正八面体と、③⑨⑤⑧、③⑨④⑦、③⑥②⑦、③⑥①⑧、⑫⑦⑥⑩、⑫⑦⑬⑨、⑫⑧⑭⑨、⑫⑧⑪⑥を各頂点とする正四面体とからなっていることがわかります。このような立体はまえに作った八角星にはかなりません。八角星の作り方は75ページです。

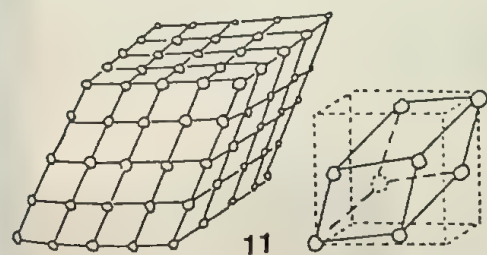
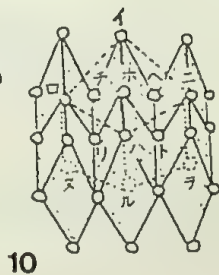
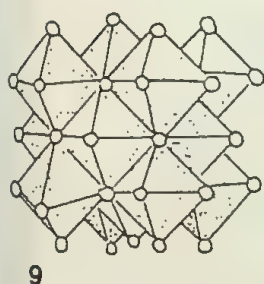
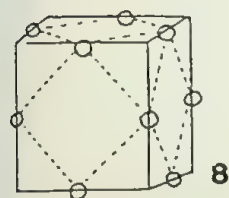
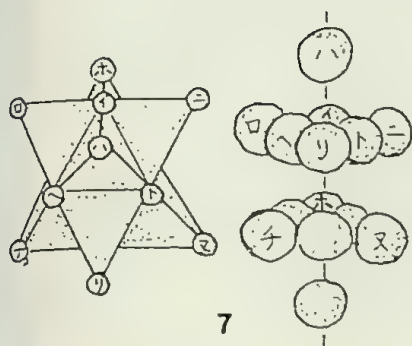
次にこの八角星を2個つなぎあわせた立体を作ります。図83-3です。作り方は144ページです。二重星をAA'、BB'の線で切ると等稜十四面体になります。等稜十四面体の作り方は65ページです。図83の5も等稜十四面体で、この立体の位置をかえると6となります。

5も6もとなりにより原子のみの並び方を図示してありますが、面心立方格子をスチレンボールなどで作る場合は6の

83 図版説明

- 1…正六面体の原子配位
- 2…八角星の原子配位
- 3…二重星
- 4…等稜十四面体
- 5…等稜十四面体の原子配位
- 6…等稜十四面体Bの原子配位





配列で作るのが簡単です。まず最上段の4個を正方形になるように作り、中段の中心に1個配して正方形に並べ、下段は再び正方形になるように組み立てるとできます。5、6から中央の原子1個に隣接する原子の数が12個であることがわかります。

八角星の位置をかえると図84の7になります。図83の5と図84の7とでは原子の数が13と14になっていますが、立方体の中に含まれる原子の数はどちらも4個です。

図84の8は立方体を切って図83-6にする様子を示しています。9は正八面体の稜と稜とを連結して作った立体で各頂点に原子があります。正八面体で囲まれた空間は正四面体になっています。121ページ参照。

10は斜方六面体を6個連結したもので、11のようにも作れます。右は面心立方格子の中に斜方六面体が含まれている様子を示し、この立体から図83の立体を取り出すには、各面の中心に位置する原子と稜の中心の点とをつなぐと12のようになります。

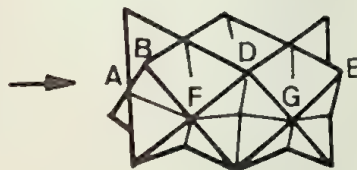
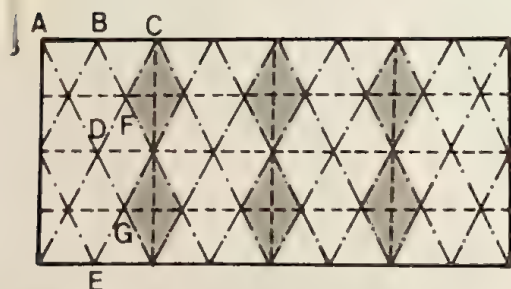
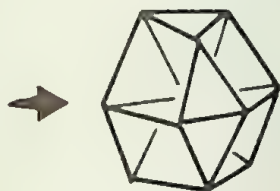
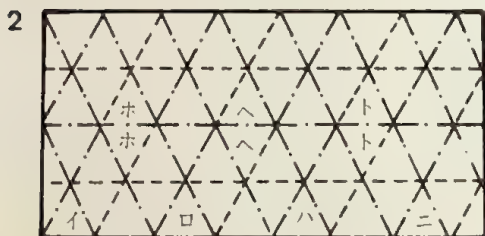
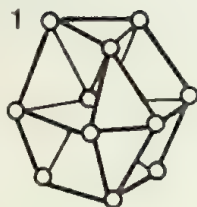
2 六方格子を表す立体

六方格子は六角柱になりますが、原子が六角柱の内部に位置するのでよい表現とはなりません。そこで等稜十四

84 図版説明
面心立方格子を示す立体

85 図版説明

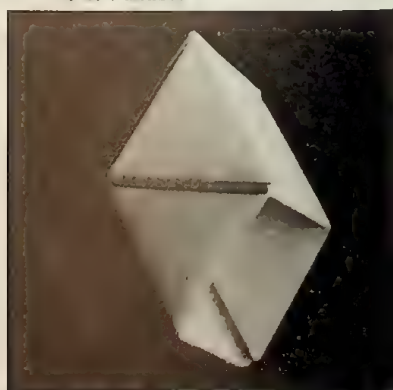
- 1…六方格子。等稜十四面体Bの原子配位。
- 2…等稜十四面体Bの折り方。図のような折りすじをつけて、イをロの下に重ね、ハをニの下に重ねたものをイの下に重ねます。ホ、ヘ、トの部分は裏面で重ねて一枚のようにします。
- 3…二重星の折り方。紙のサイズを変えて長く連結したのも作れます。FGの線で重ね合わせると等稜十四面体を連結したものができます。



226 等稜十四面体



227 等稜十四面体B



面体の上半分と下半分とをずらせて作った立体を使います。この立体は等稜十四面体Bと呼びます。作り方は144ページです。

面心立方格子と六方格子の関係を明らかにするには、等稜十四面体と八角

86 図版説明

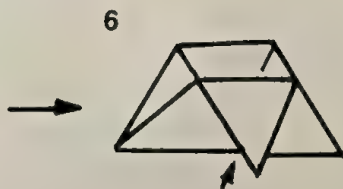
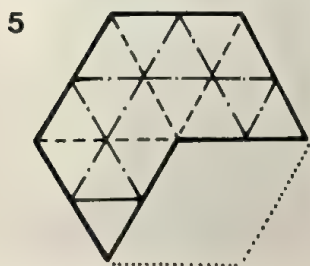
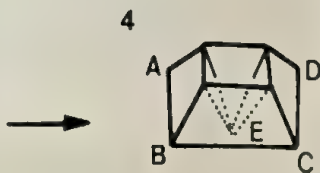
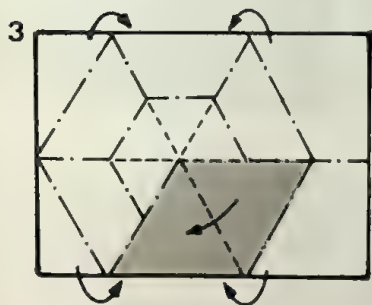
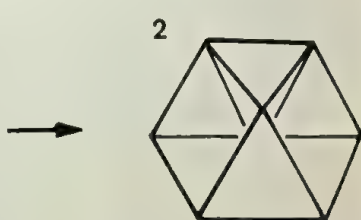
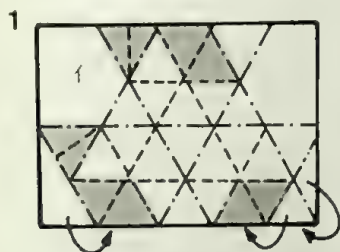
- 1…等稜十四面体の半分の作り方。イは裏ぶた。まわりを折りこみます。
- 3…八角星の半分の作り方。正六角形のまわりの部分を折りこみます。
- 4…一応へこんだ形にします。各頂点A、B、C、Dを中心Eに合わします。
- 5…展開図
- 6…矢印のところを接合します。

星の半分の立体を作って組み合わせるとよくわかるものです。作り方は145ページを、その結果は146ページを見て下さい。黒丸は原子です。

六方格子になると対称性が面心立方格子より劣るので、あまり異なった立体であらわすことはできません。正四面体と正八面体とで立体ができています。

3 体心立方格子をあらわす立体

体心立方格子をあらわす立体は凹型



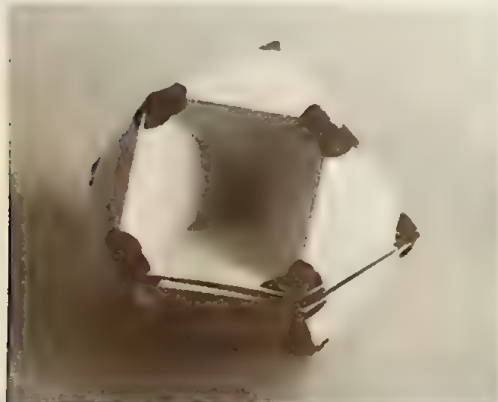
228~229...等稜十四面体の半分。

230ふたつ重ねて等稜十四面体にします。

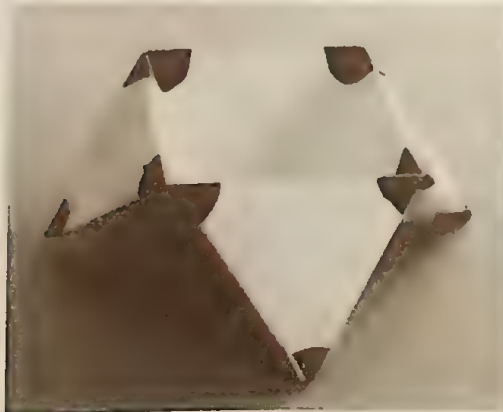
228



230



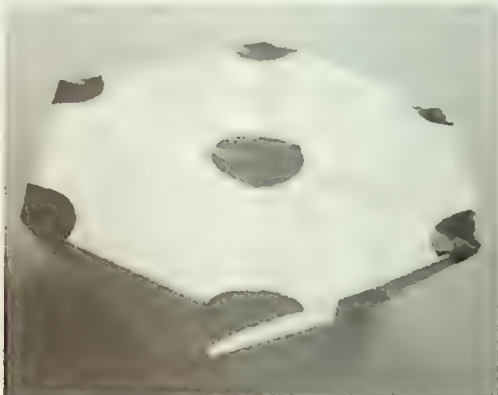
232



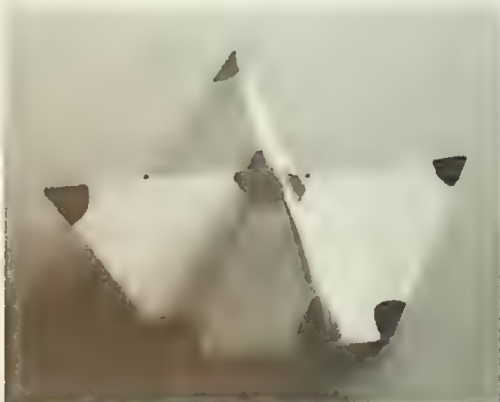
231~232...八角星の半分。

233ふたつ重ねて八角星にしたところ。

229



231



233



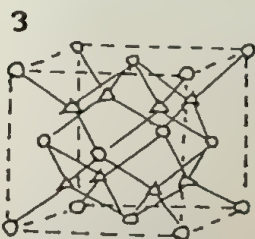
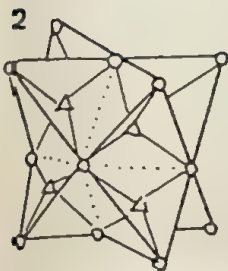
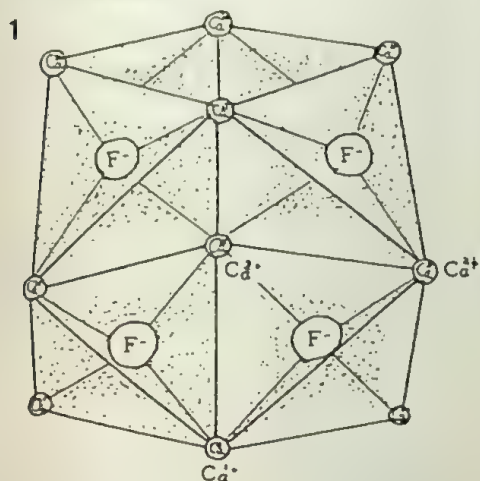
正六面体です。作り方は46ページです。
すぐ隣の原子6個を含めると菱形十二面体になります。作り方は83ページ。

4 ホタル石型構造模型

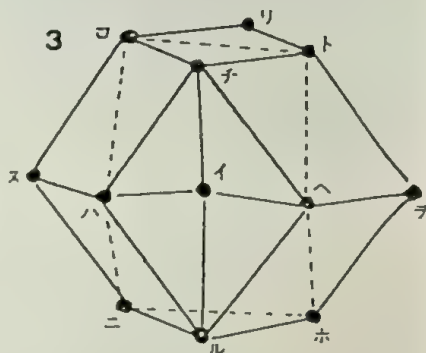
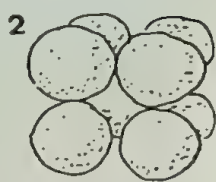
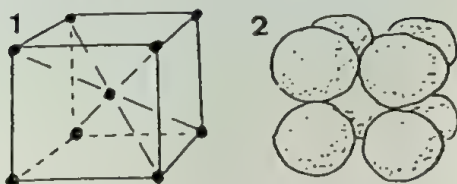
凹型正四面体を8個作ります。作り方は44ページです。この立体を稜で結合した立体を作って、正四面体の中心にF、各頂点にCaを記入するとホタル石の構造模型になります。外観は等稜十四面体と同じになります。図88-1の立体を中央で切ってつけないおすと八角

83 図版説明

ホタル石の構造模型



87 図版説明 体心格子の立体



星になります。丸はCa、三角はFです。

5 分子模型

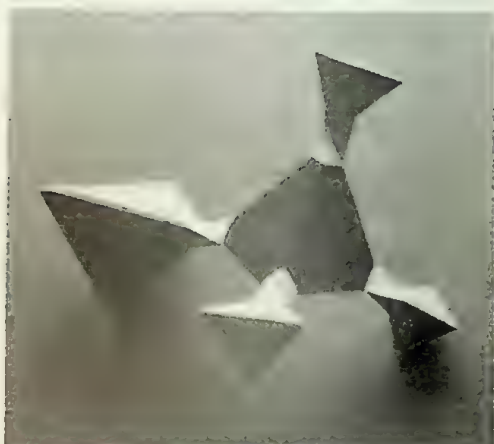
正四面体をつぎ手で結合すると様々な分子模型が作れます。正四面体の大きさをかえたり色をかえて原子の種類を表現すると分子を作っている原子の組み合わせさっている様子がよくわかります。次ページの写真で見て下さい。色の違いがよくわかりませんが、口絵のカラーページのも見ていただくとよいと思います。

もちろん、正四面体以外の立体、たとえば正六面体などでも作ることができますが、正四面体で作ったものが最も簡単でわかりやすいようです。

234



235



236



237



238



239



写真説明

分子構造模型

234...メタン

235...塩化メチル

236...塩化メチレン

237...クロロホルム

238...四塩化炭素

239...エチレン

240...エタノール

241...ネオペンタン

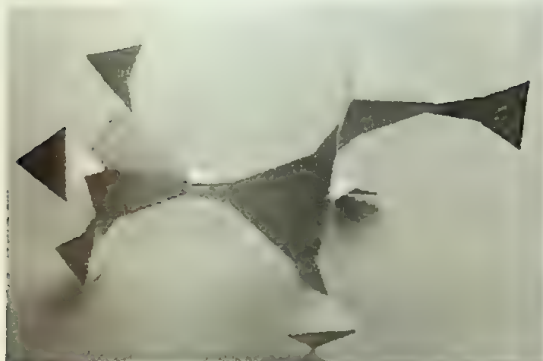
242...イソペンタン

243...ノルマルブタン

244...ブドウトウ

245...ブドウトウ

240



241



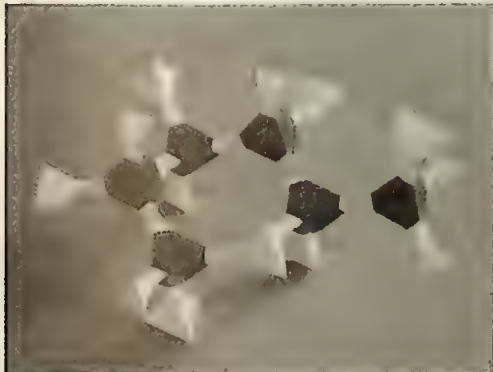
242



243



244



245



6 岩石を作るもの

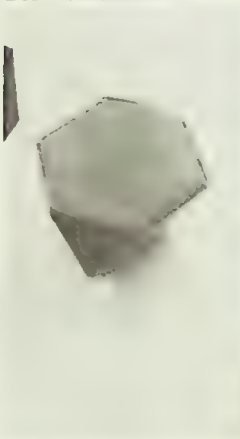
水晶という宝石があります。印章などを扱っている店の飾窓には無色透明のものや紫色をしたものなど、美しく大きな水晶の結晶がかざっております。このようなものは、先のとがった六角柱をした美しい結晶ですが、店頭にあるような美しい大きなものはなくても、透明でなく、あまり美しくなく小さなものとあちらこちらの山で拾えるので、少年の頃に探しに行かれた方もおありでしょう。そうした兄達に連れられていった少女の思い出をもつ読者もおられることでしょう。

水晶は、英語ではrock crystalといって、ローマ時代には万年雪をいたったアルプスの山中から産出したため氷の化石だと考えられたといえます。小型で輝きの強いものはダイヤモンドと間違えるものまであるそうです。無色透明で傷のない石英の結晶のことを水晶と呼ぶわけです。

石英は SiO_2 という化学式をもちます。硅素原子Siと酸素原子Oが1：2の割合で規則正しく配列しているものです。この原子の配列をくわしく調べると、硅素原子Siのまわりに4個の酸素原子Oがとりまいていて、全体として正四面体の形をしていることがわかっています。これをSi-O正四面体といいます。

岩石を作っている普通の多くの鉱物は、だいたいは石英と同じようにSi-O

246 切頭四面体



247 正二十面体



248 結合



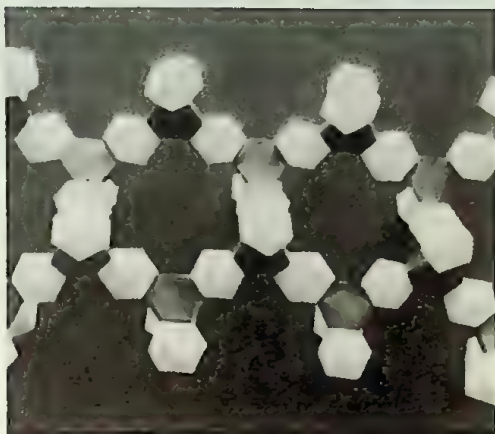
249 Si-O正四面体



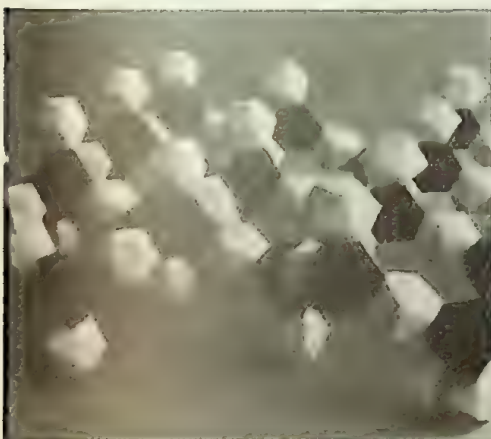
250 キセキ



251 カクセンセキ



252 ウンモ



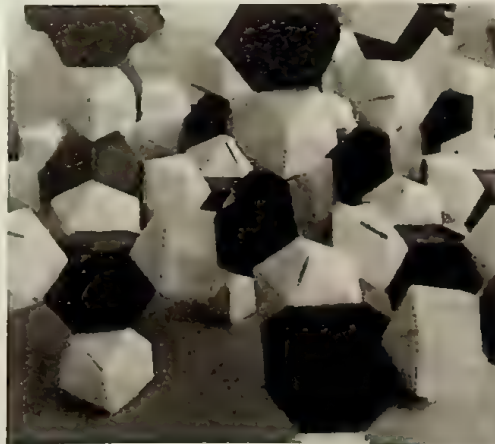
253 ウンモ



254 Si-O正四面体



255 セキセイ



正四面体が組み合わさってできていますが石英とは配列のしかたが違います。151ページを見て下さい。

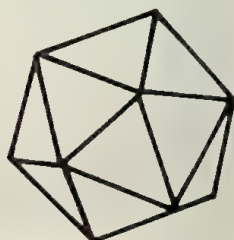
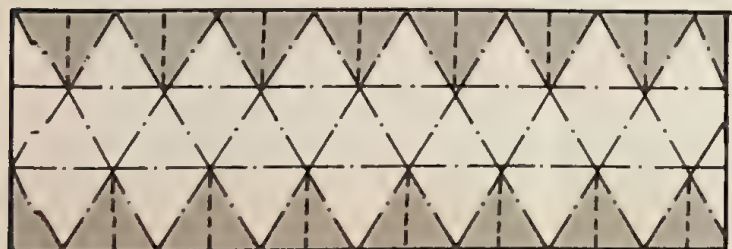
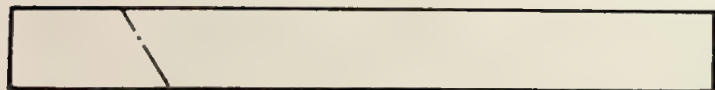
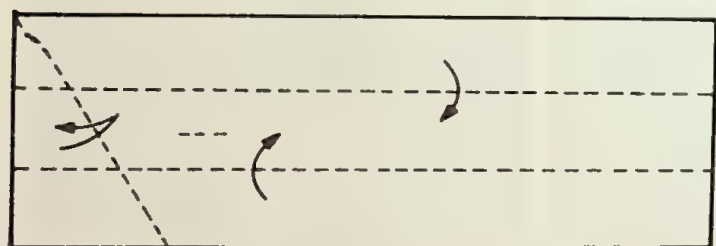
これらの結晶構造模型を作るには、まず Si-O 正四面体を作らなければなりません。硅素原子 Si は等稜十四面体か切頭四面体で作ります。切頭四面体の作り方は62ページにあります、154ページでも扱っています。酸素原子 O は正二十面体です。正二十面体は40ページで作ったものでもよいし、もうすこし簡単な作り方をしても良いでしょう。簡単な作り方は下の図です。

切頭四面体の正三角形の面に正二十面体の面をはりつけると Si-O 正四面体ができます。この模型では Si が外からみてよくわかるように大きくしてあります。両者の大きさの比は必要に応じて変えるとよいでしょう。

Si-O 正四面体のふたつの酸素を共有結合させて、鎖状に配列させた場合

89 図版説明

正二十面体の別の折り方。細長く半分にした紙を30°の折りすじをつけてのち3等分して折ります。はじめの折りすじをもちに正三角形にします。開いて、今までにつけた折りすじをすべて山折りとし、重なる部分を重ねて両端を接着すると出来上ります。



写真説明

正二十面体の作り方

正三角形を作って、重ねしろを作り、輪にし
て接合します

256



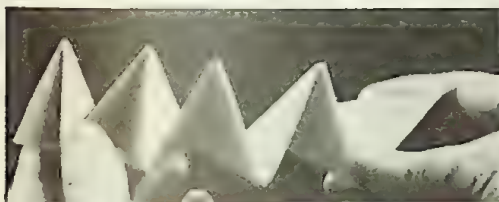
259



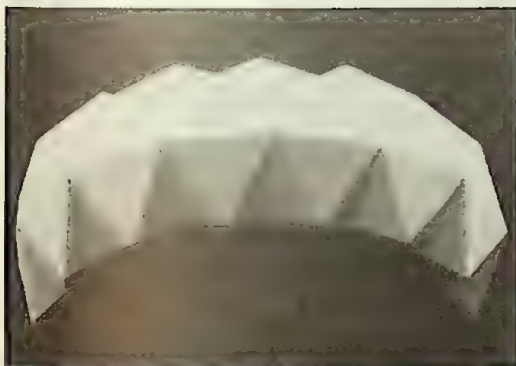
257



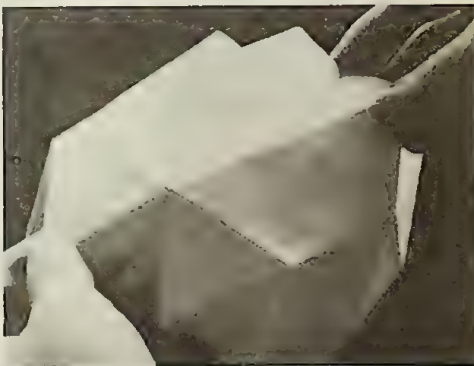
258



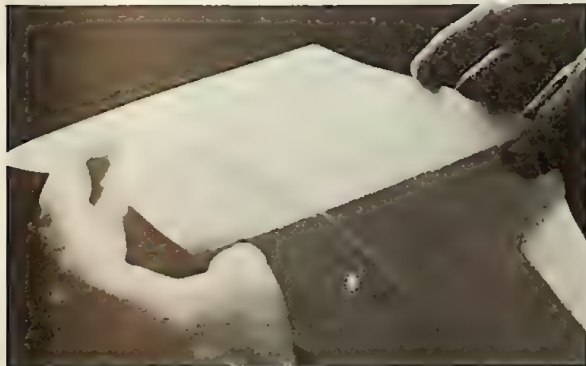
260



261



262



263



264



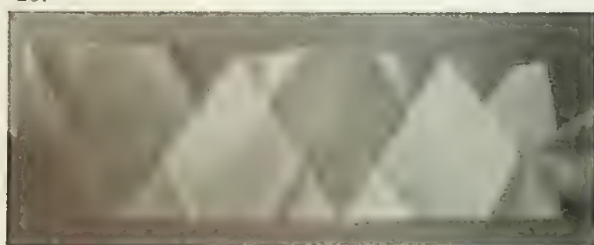
265



266



267



268



切頭四面体の作り方

269



270



はキセキという鉱物の基本構造になります。

Si-O 正四面体の鎖が2列に組み合わさるとカクセンセキの基本構造、網目状に結合するとウンモの基本構造になります。そして4個の酸素のすべてが共有結合したときがセキエイです。

このように、岩石を作る主な鉱物がSi-O正四面体でできており、その組み合わせり方のちがいで種々の鉱物ができることの、模型としての役割りをよくはたすようです。この書物で作った模型ではSiが実際より大きくしてありますから、Siをもっと小さく作ると実際に近くなってよいでしょう。作るのが少し面倒ですがSiを等稜十四面体で作ると模型がしっかりして丈夫になります。

岩石を作っている鉱物は、自然の無機高分子化合物ですから、他の高分子化合物を同じようにして作ってみるのも面白いと思います。

模型は大きなものほど効果を発揮します。折り紙で作ると大きなものを作っても軽いので持ち運びにも不便はありません。作るのにもあまり手間ひまのかからない利点もあります。学校で教えておられる先生方や、習っている生徒さん達も一度作ってみて下さい。

織り折りのコーナー

ここでは、ちょっと風変りな折り紙を扱います。一枚の紙から作った折り紙というと、正多面体のような幾何学的立体や、動物などの形を表現したもの、ねじり折りのようなものがほとんどです。すべてだと言ってもいいと思います。一枚の紙で作った作品が空間を限定してしまうのが折り紙の特徴だといえるでしょう。ところが、空間を連続した、ひろがりをもったままの作品、それは折る前の一枚の紙と全く次元的に変らない作品、これを“平織り”と呼びます。布や竹細工のような模様が作りだされます。紙の大きなものさえあれば、そこに表現されるパターンはどこまでも続くことになります。ほとんどは写真でしか紹介できませんが、今までこの書物の中でとりあげたことの集積ですから、興味のある方は挑戦してみてくださいんかでしょう。出来上りは実にすばらしいものです。

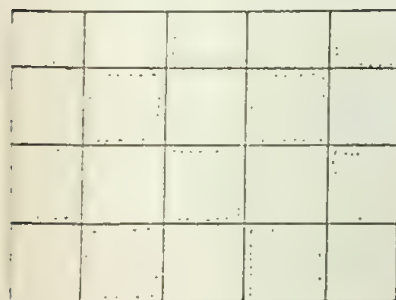
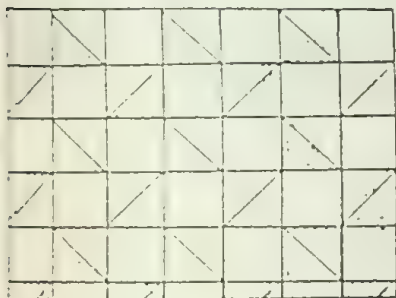
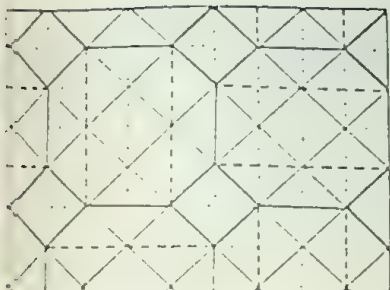
1 平織り

折り方説明

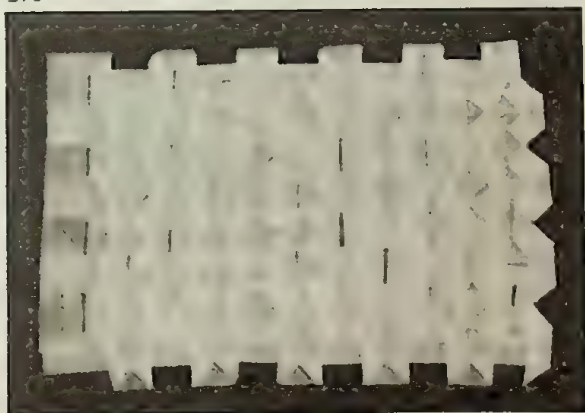
紙のふちに対して斜めに正方形の折りすじをつけ、その正方形の対角線になる線もつけます。

中央で2つに折り、ますめ1つ置きに中央の折り線に対して直角にくぼみをつけて重ね合わせて折っていきます。

写真は折り上がりで、上は表面、下は裏面です。



271



272

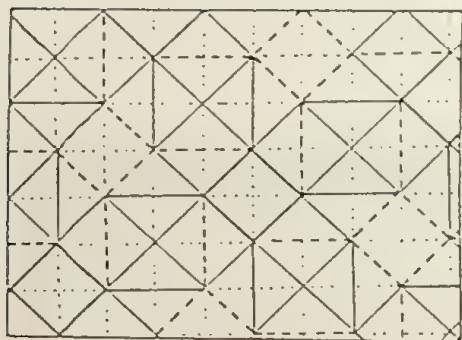


2 両面表平織り

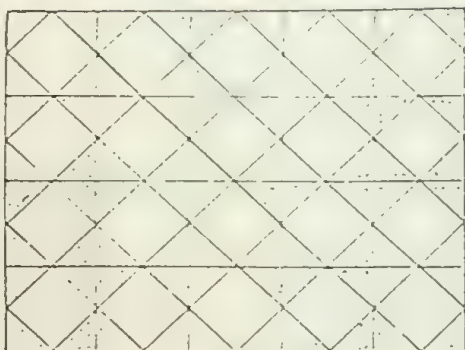
273

折り方説明

中央でまず1つねじり折りをして、それから放射状に出ている線のますめ1つ毎にねじり折りをしていきます。



1 基本線と折りすじ

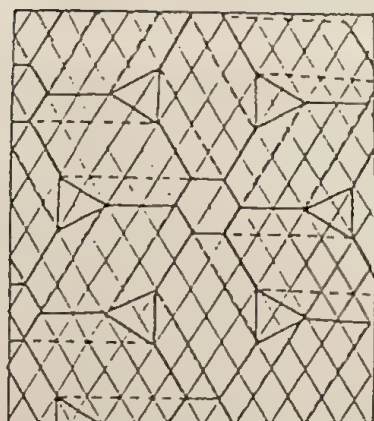


2 両面織上り図

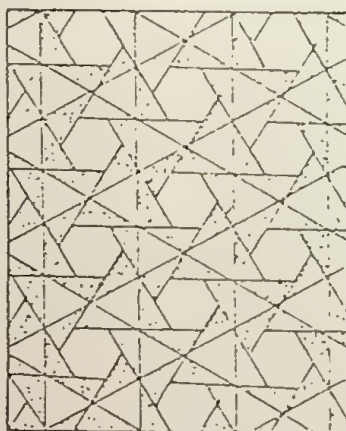
3 網代

折り方説明

まず中央で六角を折り、同じ側で三角を折っていきます。

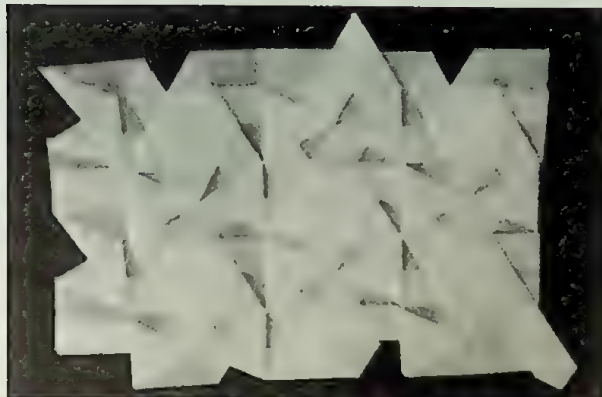
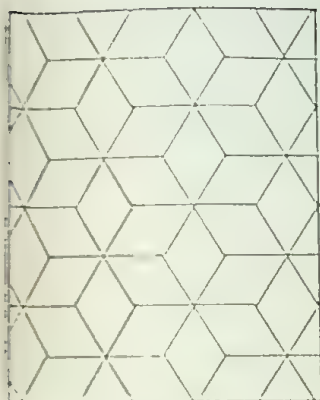


1 基本線と折りすじ

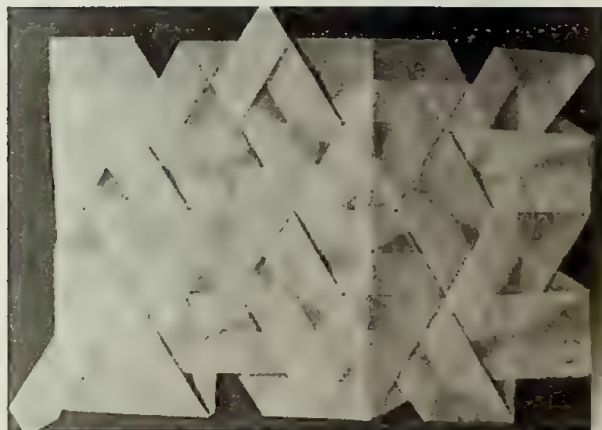


2 表面

274

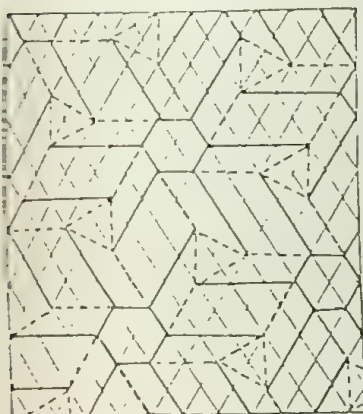


275



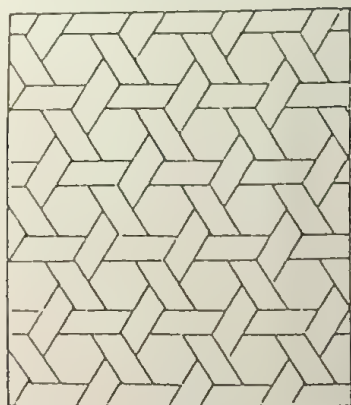
3 裏面

4 銀河

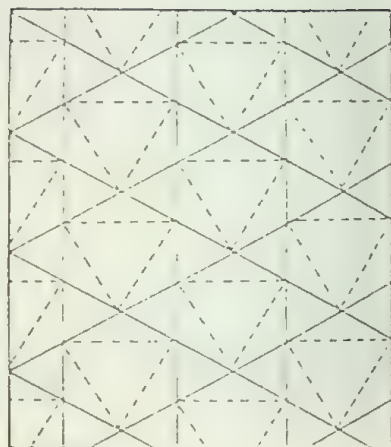
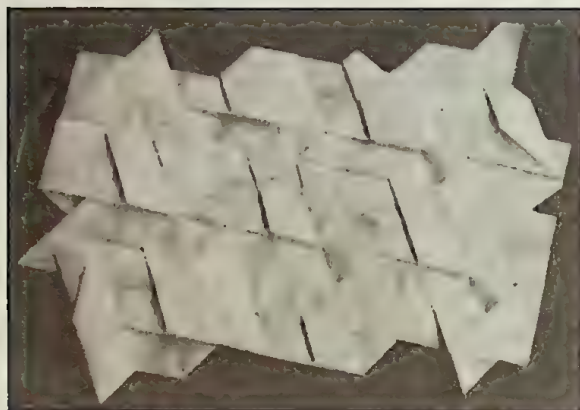


折り方説明

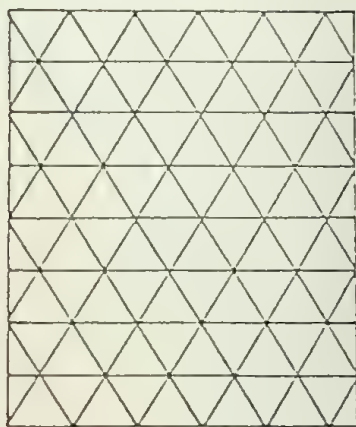
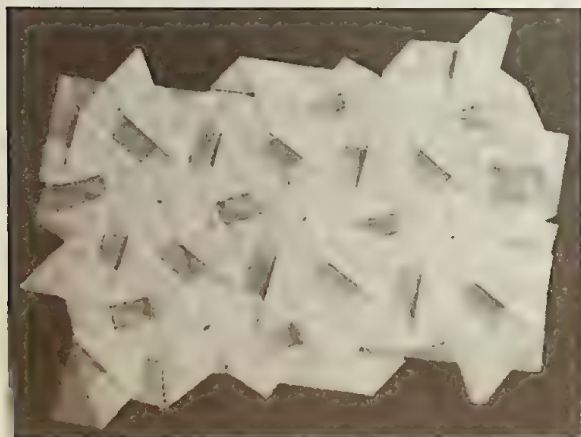
中央で六角を折り裏側で三角を折ります。



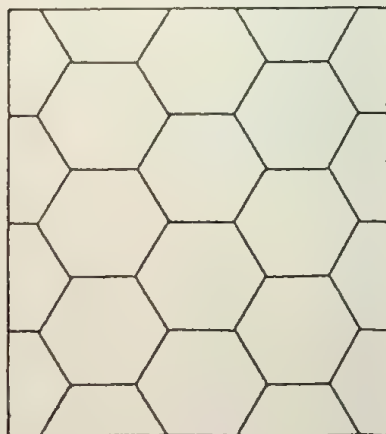
276 銀河の表面

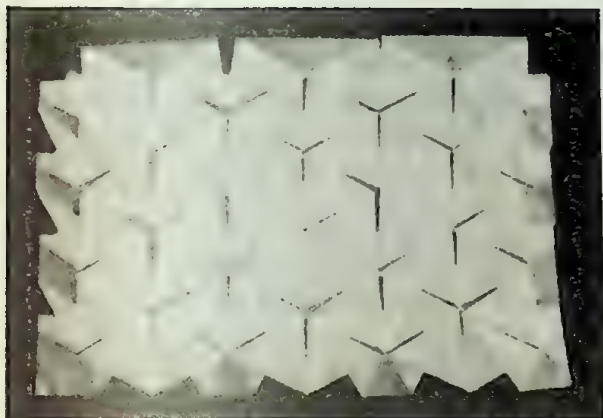


277 銀河の裏面



280 カゴメ

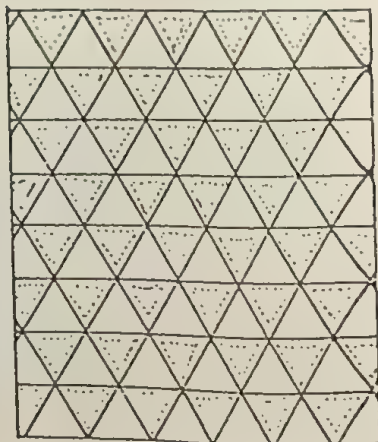
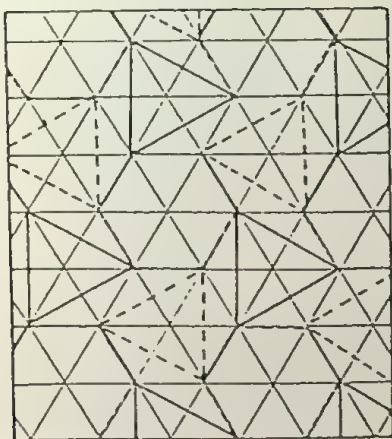




5 亀甲

折り図は前ページ。写真278が折り
上り表面、279が裏面。

6 カゴメ



写真説明

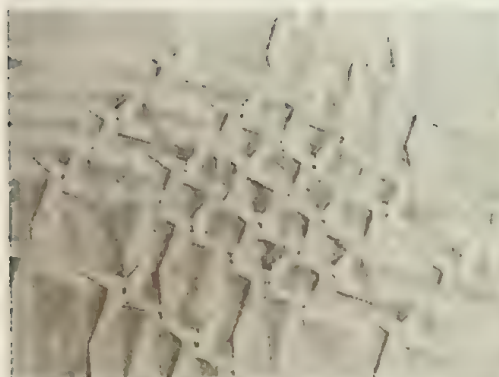
281 282 は両面表平織り

283 284 は桐代

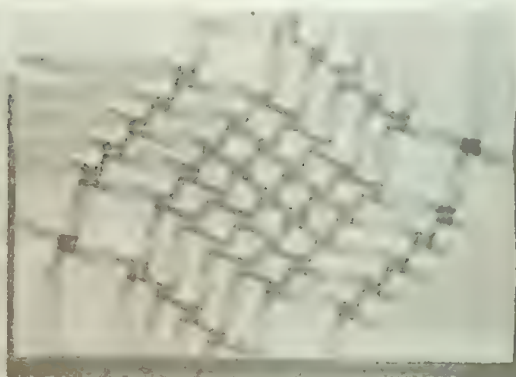
285 286 はその他

右側はすべて透かして見たものです。

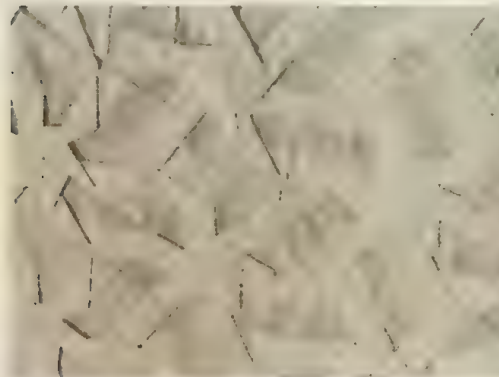
281



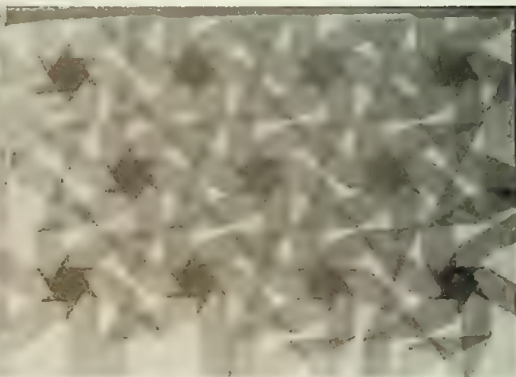
282



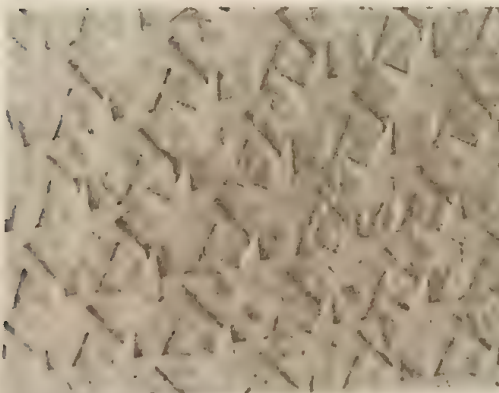
283



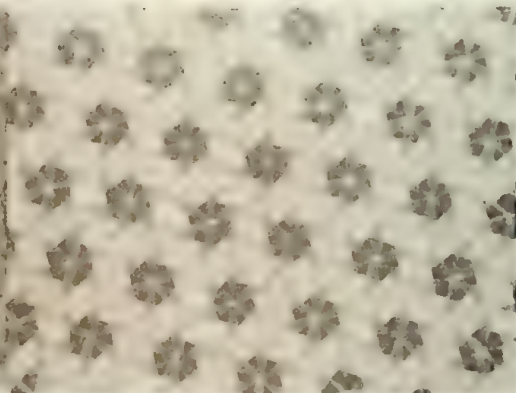
284



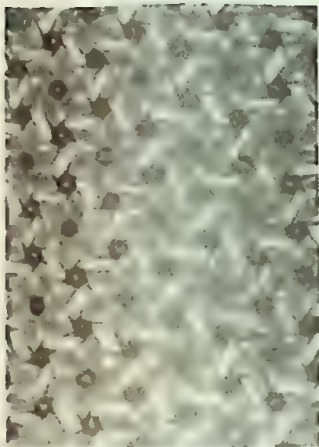
285



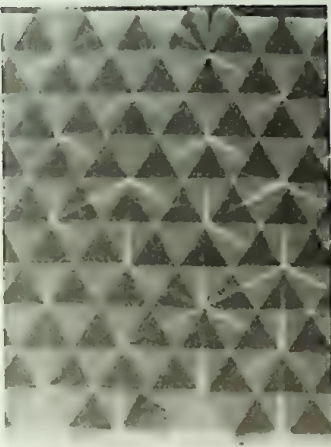
286



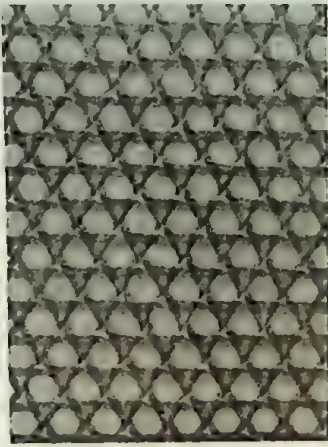
287 銀河より



288 亀甲より



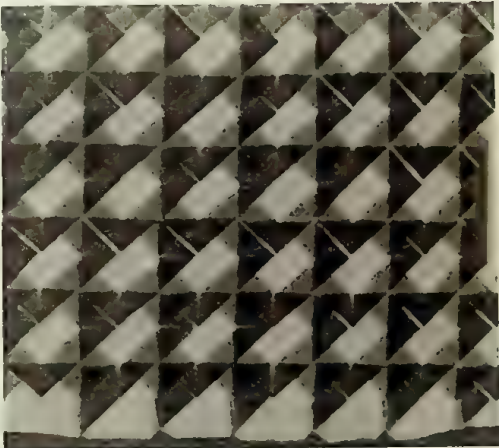
289 カゴメより



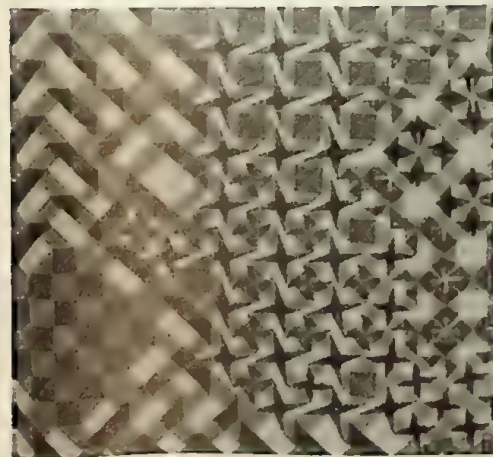
290 平織りより



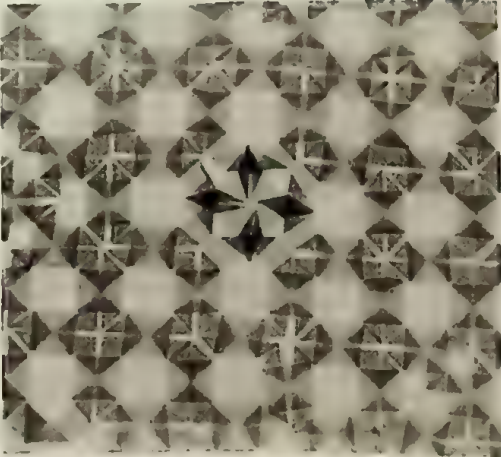
291 平織りより



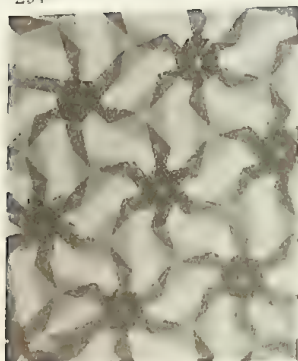
292 平織りより



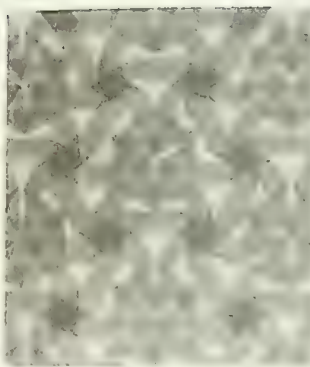
293 平織りより



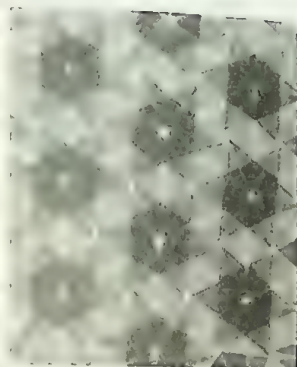
294



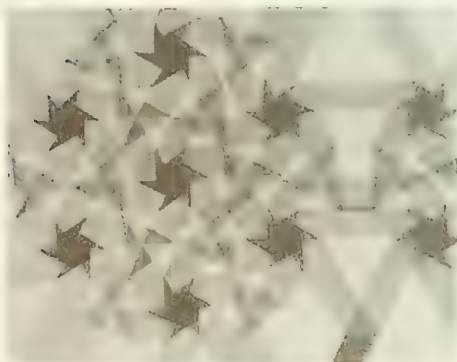
295



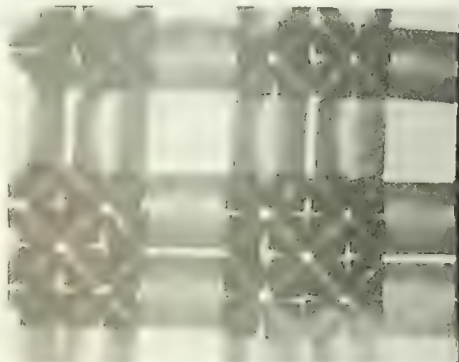
296



297

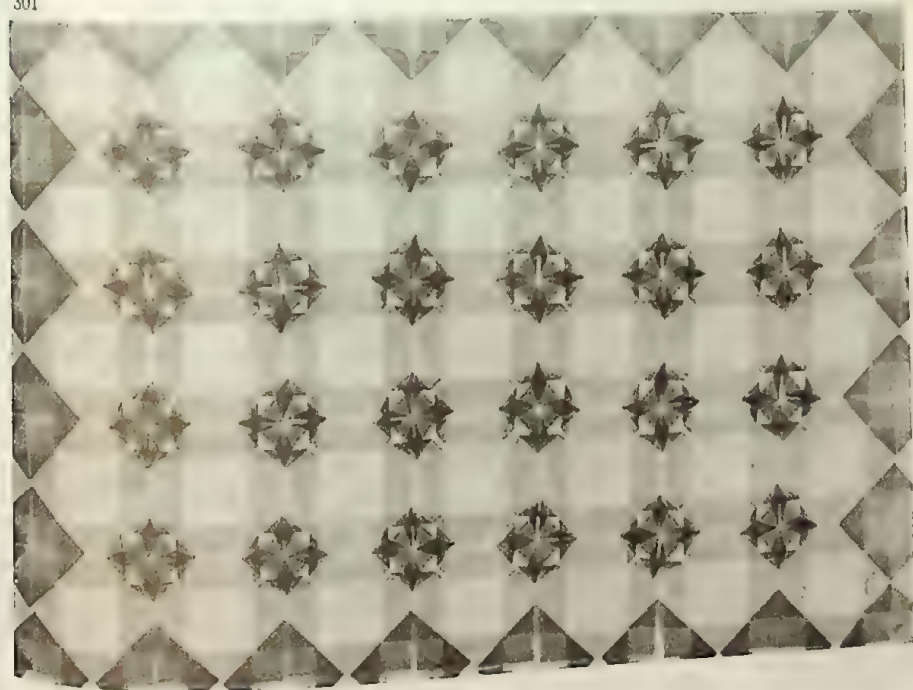
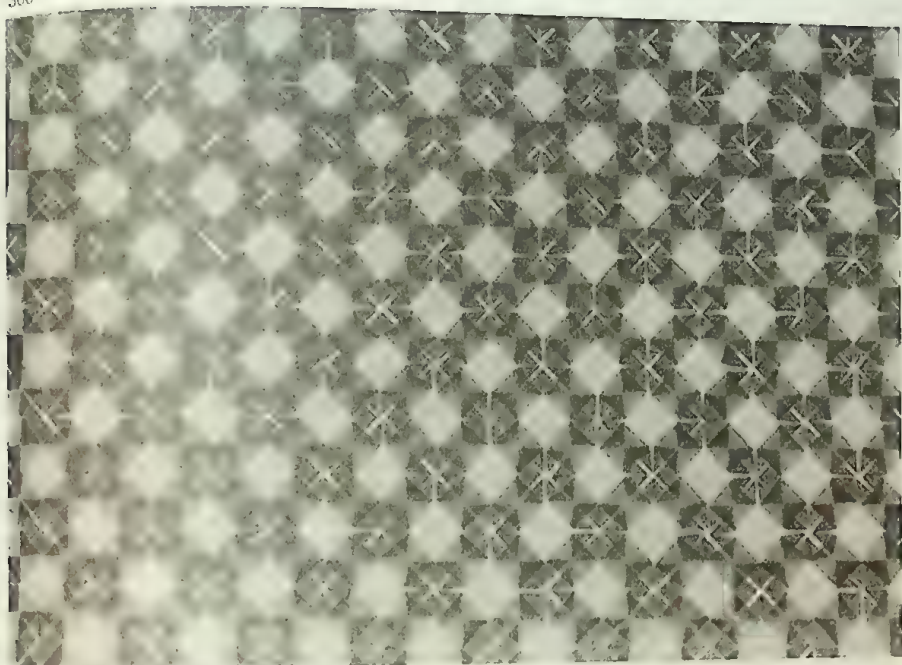


298



299



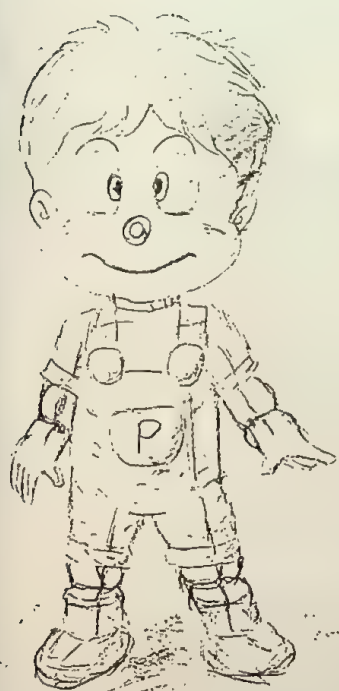






第七章

折り紙の数学



折り紙を扱った書物に数式が出てく
ることは殆んどないでしょう。数式な
どをもちこむのは邪道だと、その道の
大家に言われそうな気がします。しか
し、普通サイズの紙を使うにせよ、正
方形の折り紙サイズの紙を使うにせよ
一定の規則性を使って折りすじをつけ
て折りあげていくのが折り紙ですから
意識するとしないとにかかわらず数的
要素の強いものであることは間違いの
ない事実です。

紙はていねいに折ると、必ず折り線
は直線になります。直線で構成された
図形をこしらえていく紙のキカ学、こ
れが折り紙です。

正方形サイズの紙では、頂点どうし
の重ね折りをしてはじめるのが普通で
す。これは対称性を生かした方法です。

立体を折り紙で作ると、立体の性質
立体間の関係などすべてがキカ学の分
野ですし、頂点、辺、面の関係を求め
ようとすればオイラーの公式、位相空
間への展開も期待されます。

とはいうものの、この書物でそれら
のすべてを取扱うつもりはありません。
紙を折るという操作で、いくつかの規
則性が生まれてきますから、その中か

らいくつかを次にあげてみます。

1 基本的操作による規則性

紙を単純に折ってできる規則性には
次のようなものがあります。

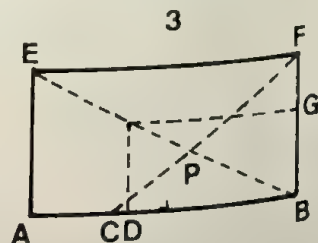
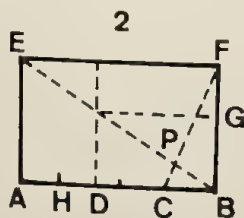
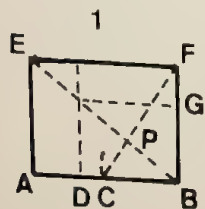
- a 紙を2つに折ると、折りすじは直
線になります。
- b 直線を重ねて折ると、直角になり
ます。
- c 2点を重ねると、2点を結ぶ直線
の垂直2等分線ができます。
- d 2直線を重ねると、2直線の交角
の2等分線ができます。
- e 半分、半分と両端を重ねて折ると
 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{8}$ …… (2^{-1} 、 2^{-2} 、 2^{-3} ……)
と線分を分割します。

95 図版説明

1…3等分。AC=CBよりCP:PF=BP
P:PE=1:2になります。AEをP
に合わせてDをきめます。AD:DB=
1:2。BFをDに合わせてGをきめる
とFG:GB=1:2。

2…5等分。BC:AC=1:3より
CP:PF=BP:PE=1:4
AD:DB=FG:GB=2:3

3…7等分。BC:AC=3:1より
CP:PF=BP:PE=3:4
AD:DB=FG:GB=2:5



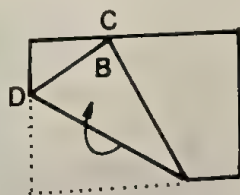
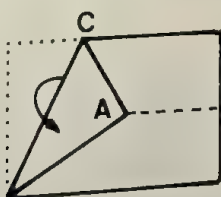
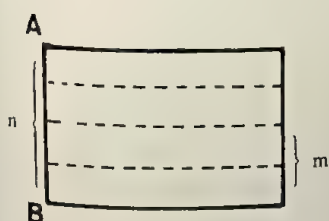
2 紙の等分割

紙を折って規則的に分割していくことは非常に容易です。1のeでふれたように、2等分や4等分、8等分などは特に簡単ですが、その他の等分割も容易にできます。これは折り紙をする上で欠かせない技法なので、これまでも出てきたものがあります。いろいろな方法があるので、実際に使うと便利さが良くわかります。

a 内分点法

紙の中に1:2や1:4、3:4などの比にお互いの線を分けあう点をきめて、この点をもとにして紙の辺を等分割していく方法です。3等分や5等分、7等分などができますが、一般には、2等分線があれば(2+1)等分ができ、4等分線があれば(4+1)、(4+2)、(4+3)等分ができます。また、8等分線があれば(8+1)、(8+2)、(8+3)、(8+4)、(8+5)、(8+6)、(8+7)等分ができます。

97

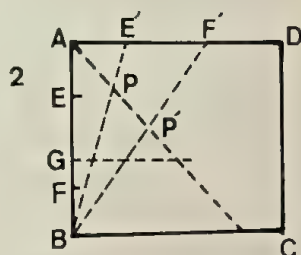
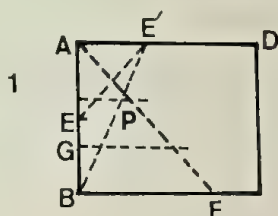


b 45° 線法

内分点法と同じような方法ですが、正方形の紙型を除いては、紙の一つの辺だけが等分割できます。この方法の特徴は45°線を使って中点や4等分点を移動させてから分割を行うところです。

c 増加等分法

紙の辺に、中点や4等分点などの等



96 図版説明

1...3等分。EはABの中点。AFは45°線でEをE'に移すとE'P:PB=1:2となります。

2...5等分と7等分。EはABの4等分点でE'P:PB=1:4 もうひとつの4等分点FではF'P':P'B=3:4。

分点を取って分割していくところは、内分点法と同じですが、この方法では紙の端ばかり使用するので大変便利です。

97の図を見て下さい。ABをn等分したn等分線のうちの下からm番目の線に紙の隅のAを合わせてCをきめます。次にCにBを合わせてAB上にDをきめると $DB = \frac{m}{n+m} \cdot AB$ となります。すなわち、中線(2等分

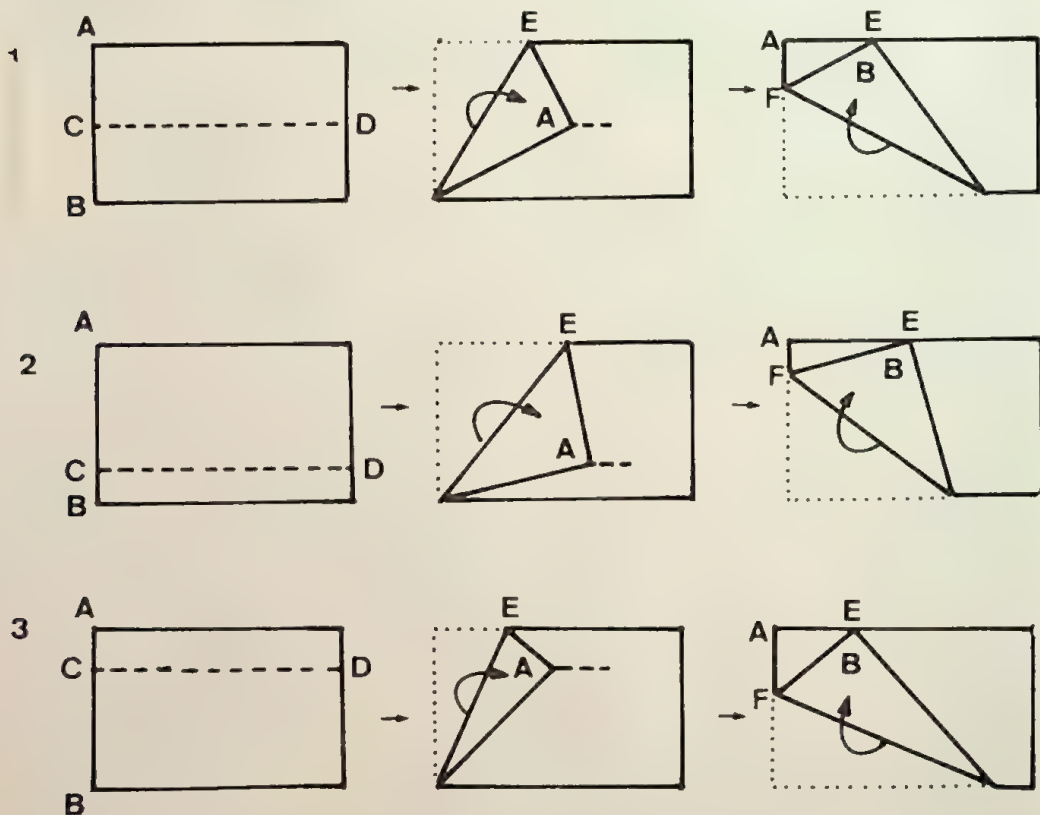
線)の場合は分割線は1本だけです。から、 $\frac{1}{2+1} = \frac{1}{3}$ で3等分線ができます。4等分線の場合は、1番下の線では $\frac{1}{4+1} = \frac{1}{5}$ 、下から2番目の線では $\frac{2}{4+2} = \frac{1}{3}$ 、下から3番目では、 $\frac{3}{4+3} = \frac{3}{7}$ となります。8等分線ですと、1番下 $\frac{1}{8+1} = \frac{1}{9}$ 、2番目 $\frac{2}{8+2}$ 、3番目 $\frac{3}{8+3}$ 、……、 $\frac{7}{8+7}$ となります。

d 漸近法

これまでの分割法、内分点法や増加等分法などと違った方法で、細長い紙や、紙に折りすじをつけないで分割し

98 図版説明

- 1…3等分法。Cは中点、AFはABの $\frac{1}{3}$ 。
- 2…5等分法。Cは4等分点、AFはABの $\frac{1}{5}$ 。
- 3…7等分法。Cは4等分点、AFはABの $\frac{1}{7}$ 。



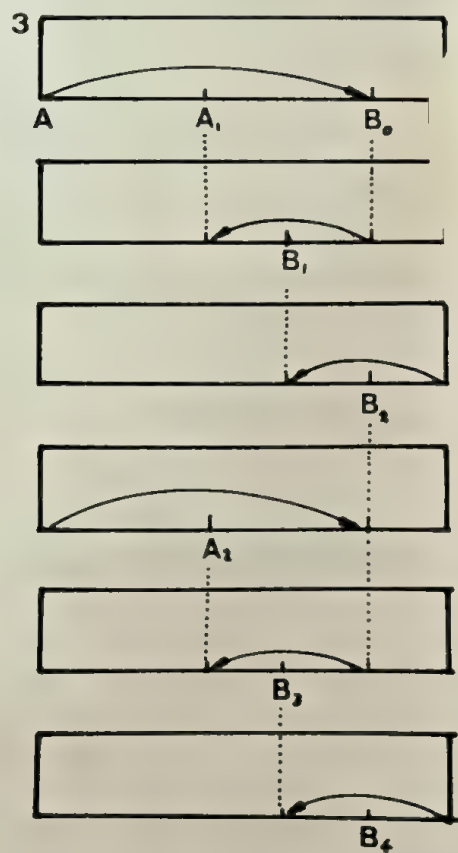
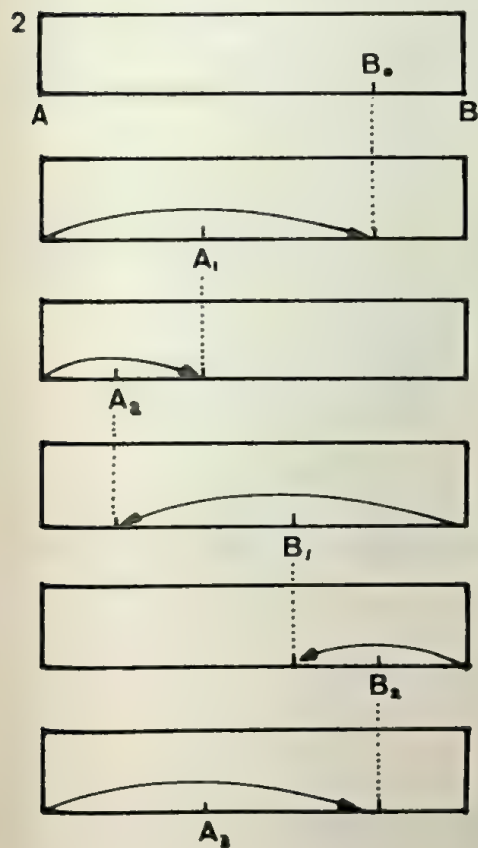
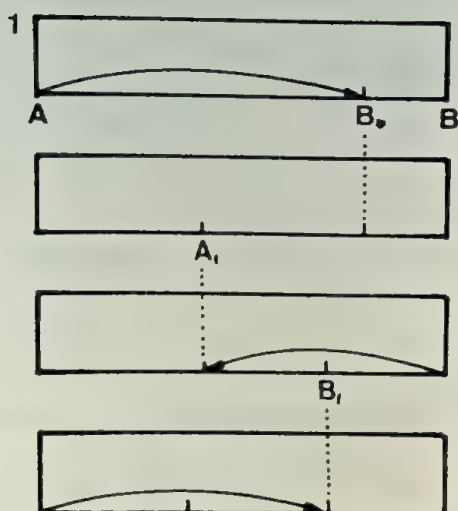
たい時などに使える、ちょっと変わった方法が漸近法です。例えば、紙のABを3等分したいときには、まずBのそばに任意の点 B_0 の印をつけて、この点にAを重ねて A_1 の印をつけます。次に A_1 にBを重ねて B_1 、 B_1 にAを重ねて A_2 、 A_2 にBを重ねて B_2 、この操作を幾度かくり返すと B_n はABを3等分する点になります。この操作をABABと呼ぶことにします。

99 図版説明

1…3等分

2…5等分

3…5等分別法



100 圖版說明

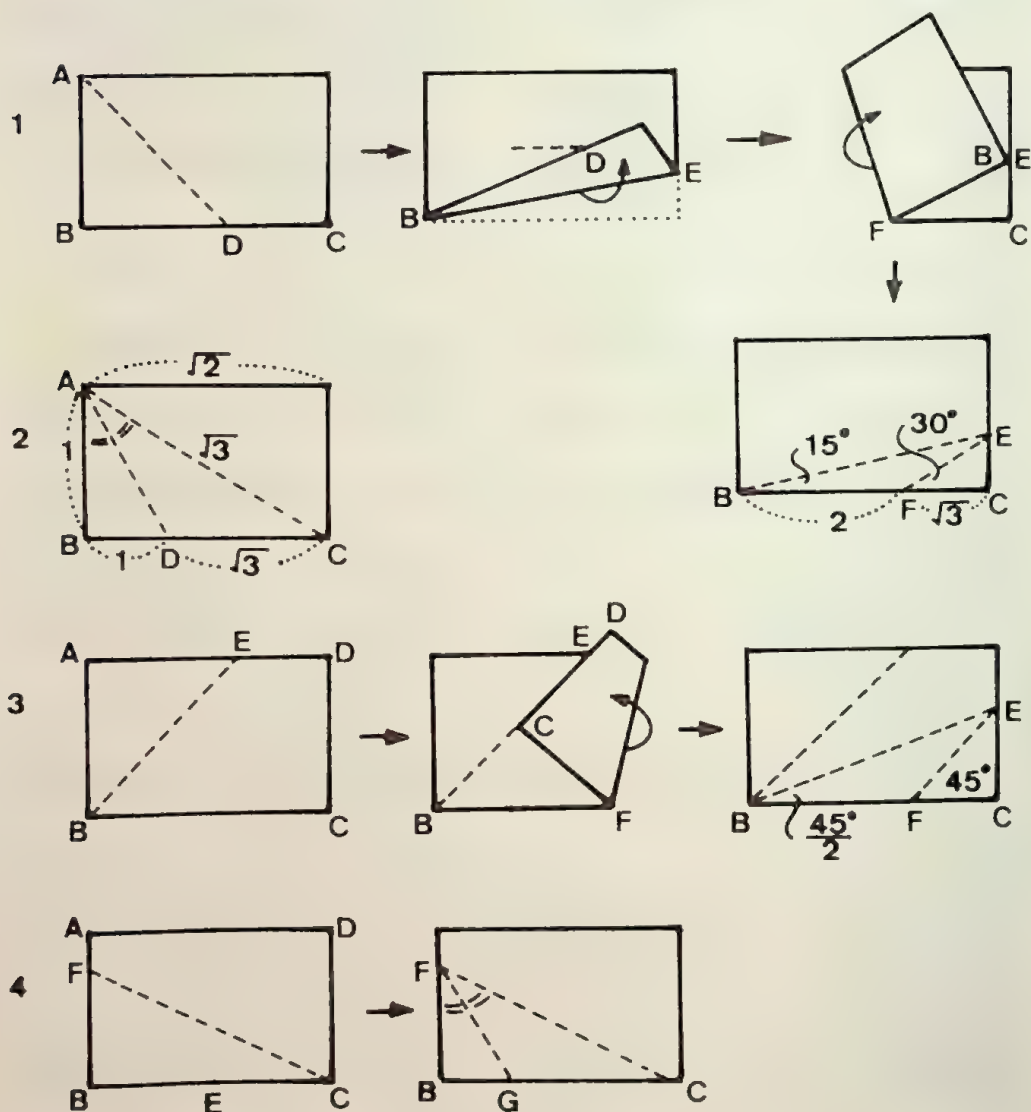
- 1…45°線を作ってDをとり、Dを中心線に重ねてEをとり、EにBを重ねてFをとると、BCは $2:\sqrt{3}$ に分割されます。
- 2…BCを $1:\sqrt{3}$ に分けます。
- 3… $1:\sqrt{2}$ に分割します。
- 4…BE=EC=FBにとってGをきめればBG:GC= $1:\sqrt{5}$ になります。

この操作では $B B_0 = \alpha \quad A B = 1$
 とすると、 n 回の操作の後の $B B_n$ の長

$$B B_n = \frac{1}{3} - \frac{1}{4^n} \left(\frac{1}{3} - \alpha \right)$$

となるので、 n が大きくなれば、はじめの B_0 の位置がどこであっても $\frac{1}{3}$ に近づくことになります。

5等分の場合は、 B_0 にAを重ねてA,



きとった後 A_1 に再びAを重ねて A_2 をとり、次にBを A_2 に合わして B_1 、 B_1 にBを重ねて B_2 という具合に交互にくり返して $\frac{1}{5}$ に漸近させる方法をとります。他の等分も同じようにしてできますがそれは次のようにします。

3等分 A B A B

5等分 A A B B

7等分 A A B A A B

9等分 A A A B B B

15等分 A A A B A A A B

この記号の意味は、3等分と5等分から考えて下さい

e 漸近法 その2

漸近法は、紙の両端のABをくり返し重ね合わして中点を取りながら等分点に近づけていく方法ですが、両端でない点を用いても分割点に近づいていきます。この方法でも様々な等分割ができますが、ここでは5等分割のみにとどめます。

173 ページの図99-3を見てもらえばわかりますが、紙の端のA又はBを使わないときはA'又はB'として表わすと、5等分割はA B' B A B' B となります。この方法では、A'の位置やB'の位置が分割の数によって同じではありませんので複雑になります。

3 特別な分割

紙を一定の間隔で等分割するのでは

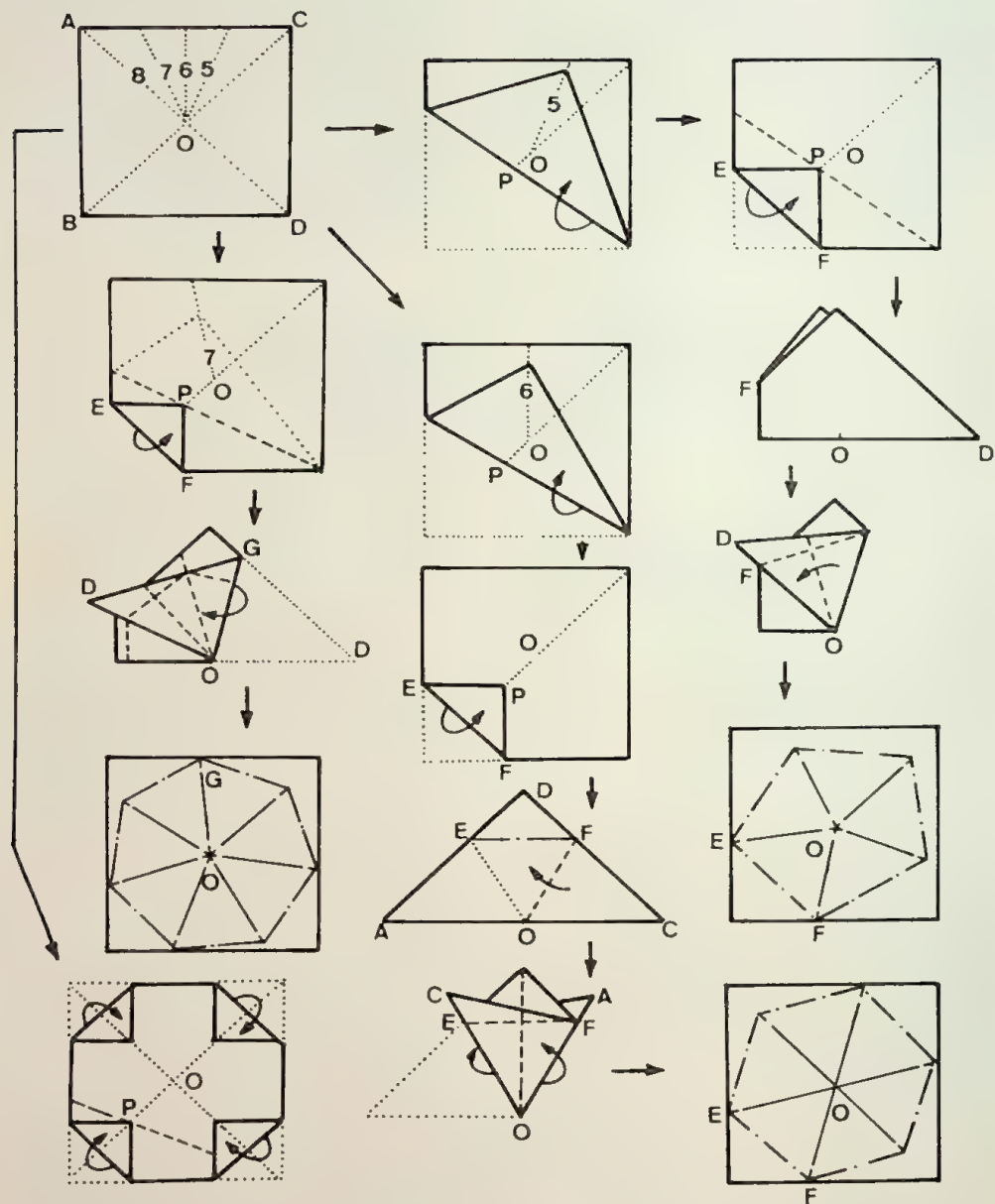
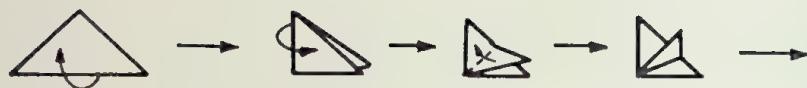
なくて、特定の割合で分割することもできます。数学の授業にも使えると思うのですが、それはともあれ前頁の図を見て下さい。1はBCを $2:\sqrt{3}$ に分けます。すなわち $BF:FC=2:\sqrt{3}$ になります。2はBCを $1:\sqrt{3}$ に分けます。 $BD:DC=1:\sqrt{3}$ になります。3はBCを $1:\sqrt{2}$ に分けます。すなわち $BF:FC=\sqrt{2}:1$ です。

4 角の等分割

正多角形を作るときには等分割された角を作らなければなりません。コンパスを使って正多角形を作るのは大変むづかしい仕事で、分度器を使っても簡単にはいかないものです。このような道具を全然使わないで角の等分割や正多角形が作れるのが折り紙の利点なのです。紙を折る操作だけで正多角形を作ること、あるいは任意の等分割された角を作ることが、ここでのテーマです。使用する紙型によって折り方が異なるので、注意して下さい。

a 22.5° 線法 (正方形の紙型)

正方形の紙を中心で16等分した角、すなわち 22.5° の角を使って作ります。次のページの図が、その説明図ですが図の中の5、6、7、8の数字は、それぞれ正五角形、正六角形、正七角形、正八角形を作る基準線となります。

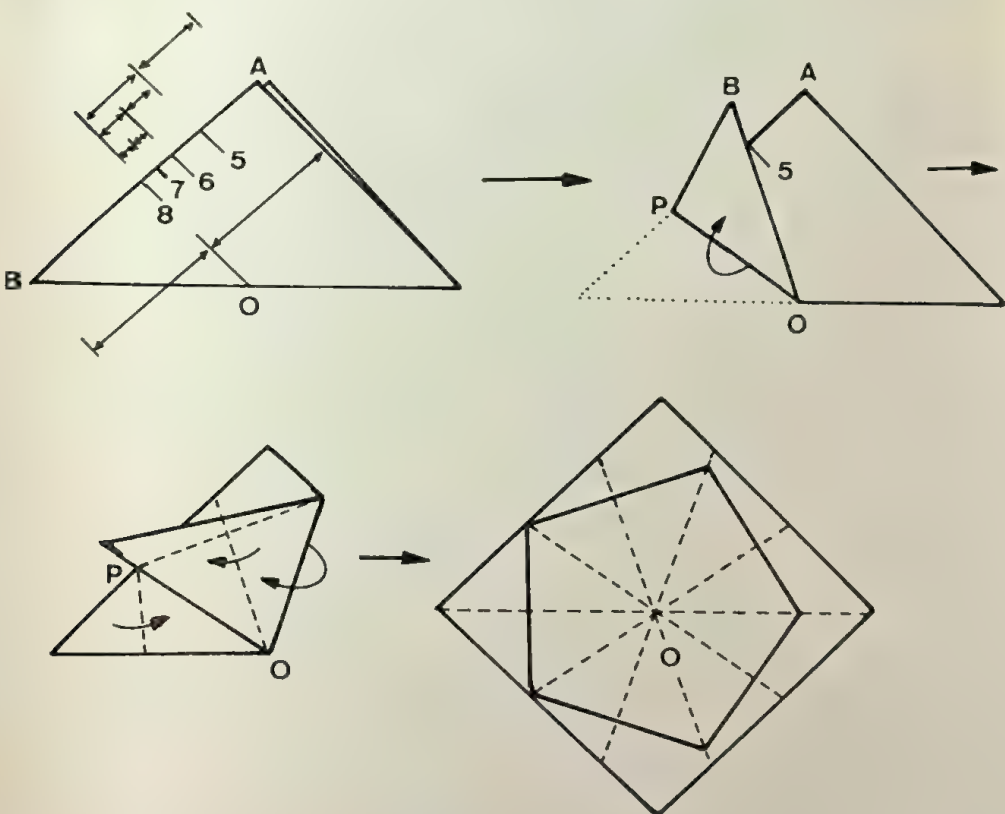


b 辺分割法（正方形の紙型）

この方法は、角の分割線ではなくて辺の長さを16等分した点を使って中心角を作り、正多角形を作っていくもので、紙の一边の中点では8等分割（正八角形）、4等分点では5等分割（正五角形）、8等分点では端より $\frac{1}{4} + \frac{1}{8}$ の点を使って6等分割（正六角形）、16等分点の端より $\frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16}$ の点で7等分割（正七角形）ができます。図102。

102 図版説明

正方形の紙をふたつに折り、辺ABを等分割して5、6、7、8の数字のところでOBを合して折ると正多角形になります。5は正五角形になるわけです。

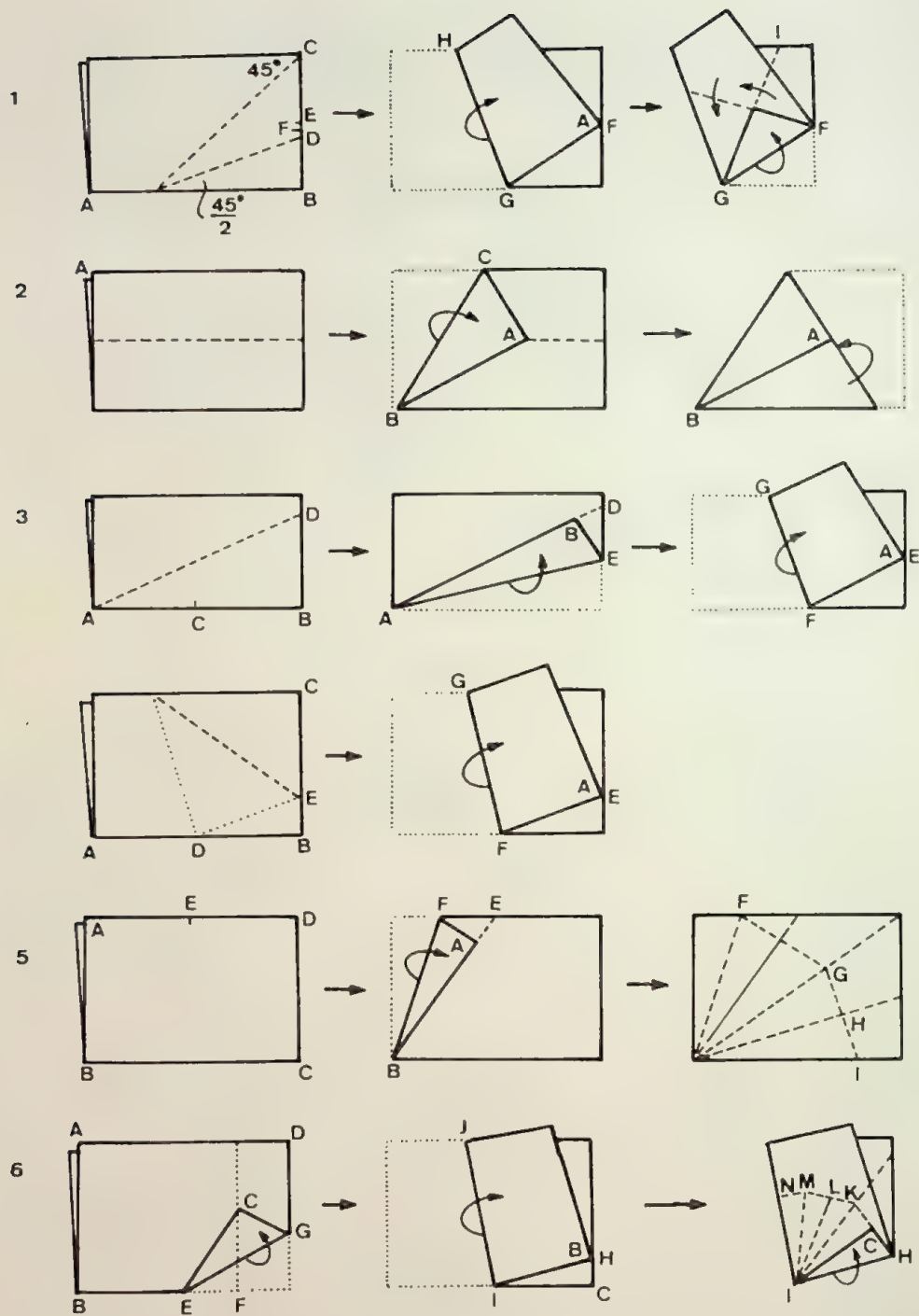


c 普通の紙型で

普通サイズの紙（ $1 : \sqrt{2}$ ）の紙を使って正多角形を作るには様々な方法があるので、正方形の紙型を使うときのように統一した方法がありません。178ページの図103を見て作ってください。

d 細長い紙のはしで

細長い紙のはしの部分だけで正多角形を作ることは、すでに花のコーナーで扱いましたからおわかりだと思います。180ページの図104を見て下さい。



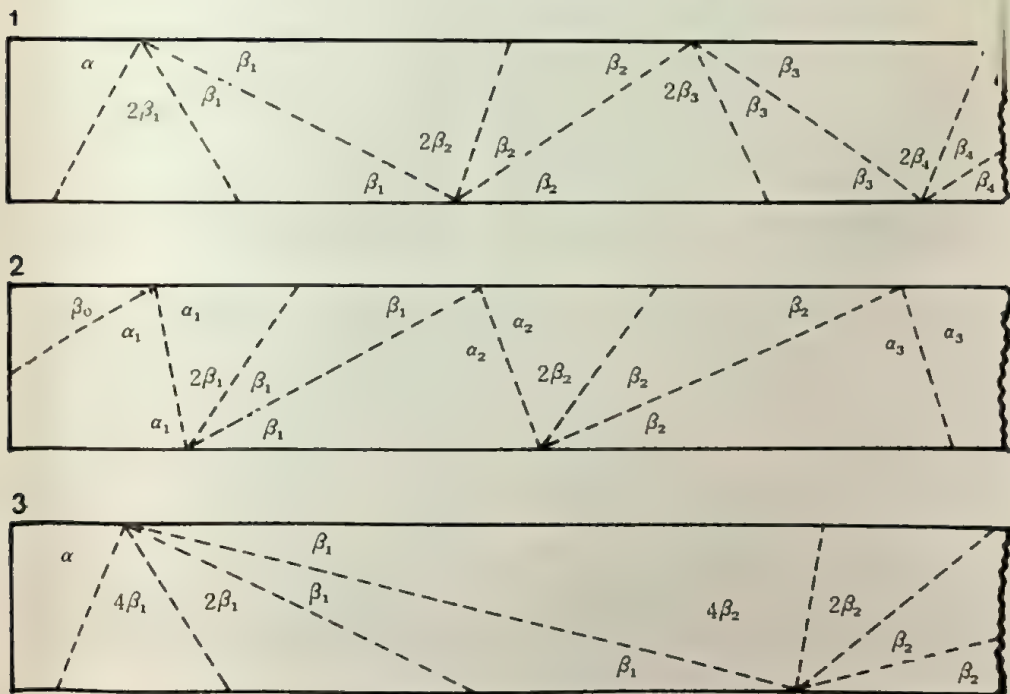
103 図版説明(前ページ)

- 1…正五角形を作ります。2つ折りにしてDをきめ、 $BE=EC$ $DF=EF$ になる点Fをとります。このFにAを重ねてGHを折り、GF、GIを折ります。
- 2…正六角形を作ります。4つに折り(Bが中心) Aを中心線に重ねて後ACに重ねて折ります
- 3…正七角形を作ります。2つに折ります。 $AC=BC=BD$ である点DをきめてADにABを重ねてEを取り、EにAを重ねてFGを折ります。 $\angle BFG$ を4等分して正七角形を作ります。
- 4…正九角形を作ります。2つ折りにしてA、Bの中点DにCを重ねてEをきめ、EにAを重ねてFGを折り、 $\angle EFG$ を4等分してBEの線で正九角形にします。

- 5…正十角形を作ります。4つ折りにして、(Bが中心) ADの中点Eをとり、EBにABを重ねて折りFをきめ $\angle FBC$ を4等分してAFの線でG、H、Iを作って展開すればできます。
- 6…正十一角形を作ります。2つに折りBCの中点E、ECの中点F、F線上にCを重ねてGをきめます。GCの中点HにBを重ねてIJの折り線を作り、HIを折ります。CHの線でK、L、M、Nを作れば正十一角形になります。

105 図版説明

- 1… 36° を作ります。はじめに任意の角を折り(α)、2等分、2等分していくと接近していきます。
- 2… 180° を7等分します。
- 3… 180° を9等分します。



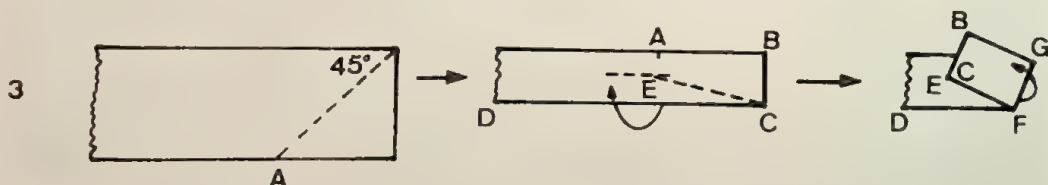
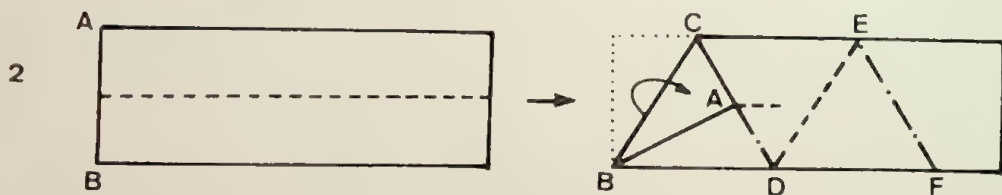
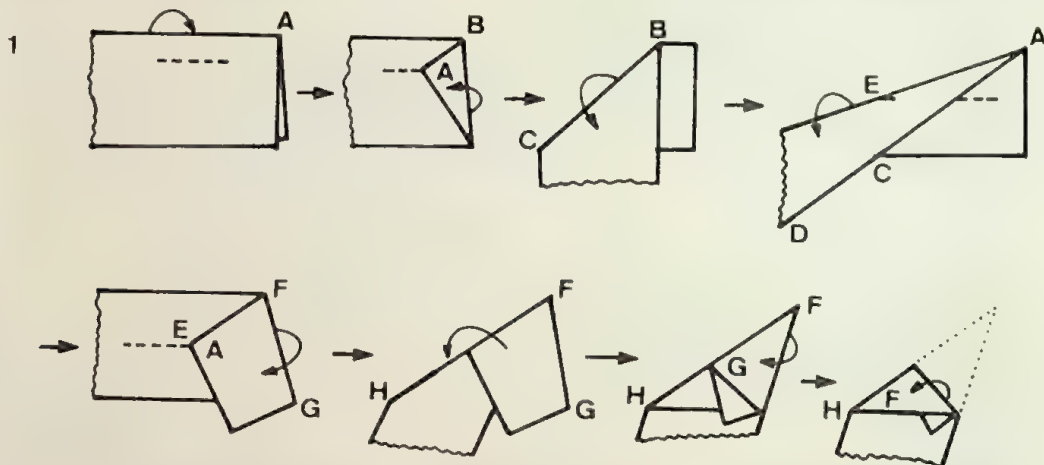
e 漸近法（細長い紙）

紙の一边を等分割するのに漸近法を用いました。紙の端を交互に特定の点に合わせて等分割点に近づけていく方法です。この方法は角の分割にも使用することができます。

初めに任意に紙を折って角を作り、この操作でできる角を等分割、等分割していくことによって一定の等分割された角に接近して行くわけです。方法は前ページの図を見て下さい。

104 図版説明

- 1…正五角形を作ります。2つ折りにして4等分線にAを重ねてBをとり、次にBCをとりま。このCにAD線を重ねて中心線との交点Eをとりま。EにAを重ねてFGで折り、EFに合わせて折ります。FGをFHに重ねて折り、FとHを重ねて折ると完成です。
- 2…正六角形を作ります。よこ長に2つ折りにしてAを中心線に合わせてACの線でCD、DE、EFを折ります。
- 3…正七角形を作ります。A点をとって2つ折りにした後、中線とCを起点にしてDCをAに重ねて交点Eをきめま。EにCを合わせて∠DFGを4等分しま。



写真説明

正方形の紙で

304...正五角形

305...正六角形

306...正七角形

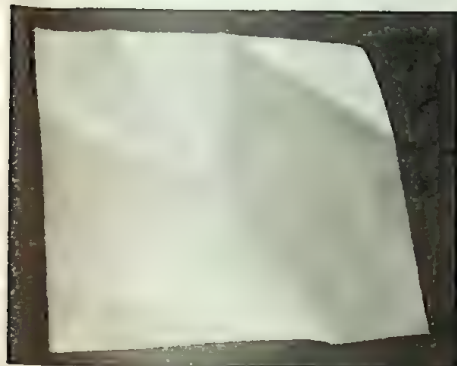
長方形の紙で

307...正五角形

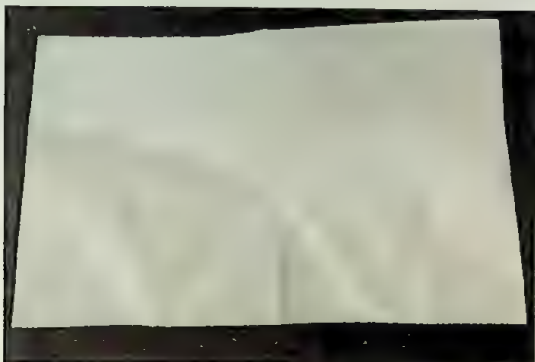
308...正七角形

309...正十角形

304



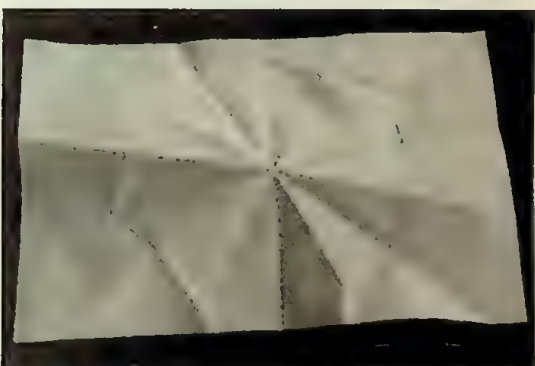
307



305



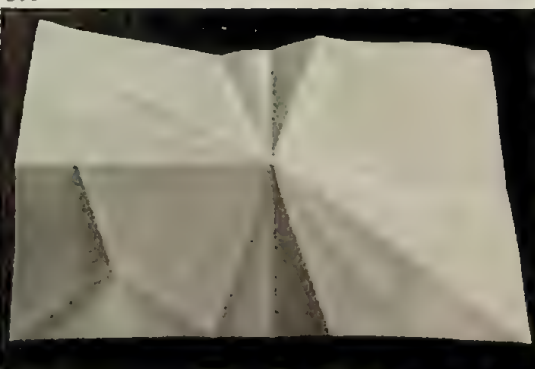
308



306



309

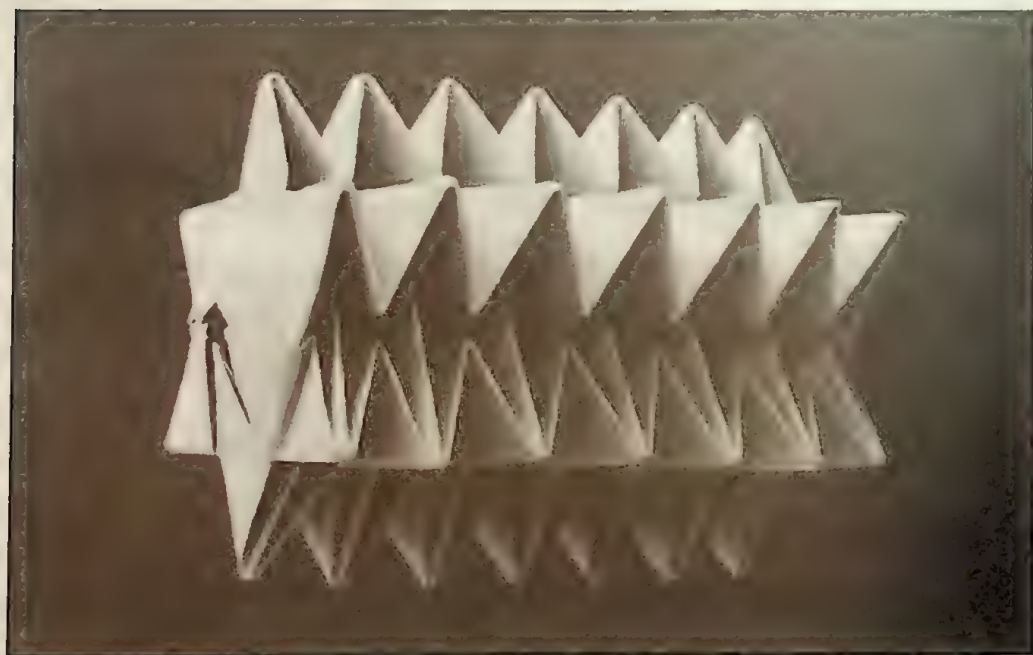


レリーフのコーナー

むかしの古いカメラには、ジャバラといって黒い紙で作ったのびちじみの出来る部分がありました。使わないときは折りたたんでしまうわけです。このジャバラもそうですが、紙をたがいちがいに規則正しく折っていくと、いろいろの美しいひだ模様ができます。これがレリーフです。大きなものを作ると室内をひきたたせるカザリモノになります。小さなものだと机の上のかわいい置きモノになります。

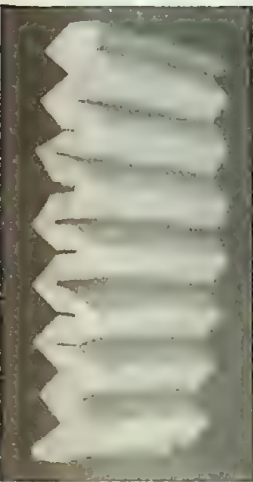
いろいろと折り方を変えると様々なレリーフが作れます。簡単なものも複雑なものも作ることができますが、作り方の基本になるのは、45° 折り線を使うAタイプと、60° 折り線を使うBタイプです。

310



正方形の折りすじを使うもの

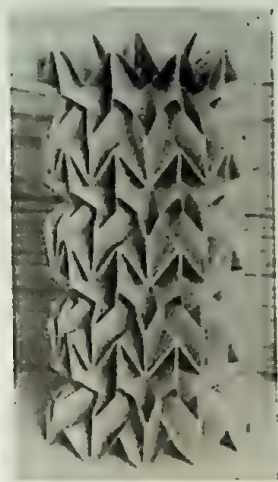
311 A 3



312 A 5

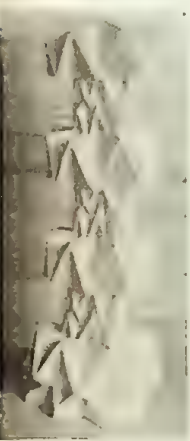


313 A 7



A 5 いせき
A 7 カナエ
A 6 つくし

314 A 6



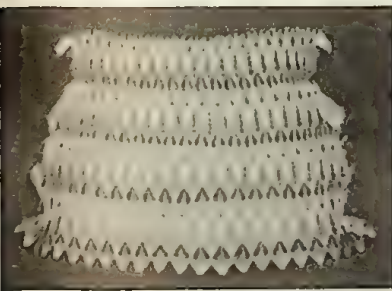
315 A 8



316 A 12



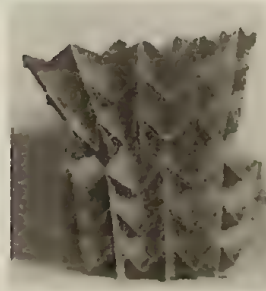
317 A 11

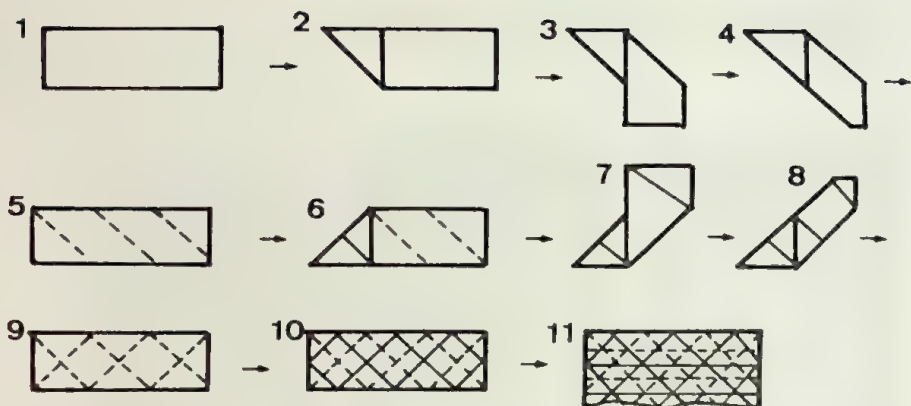


318 A 13

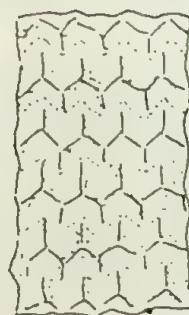
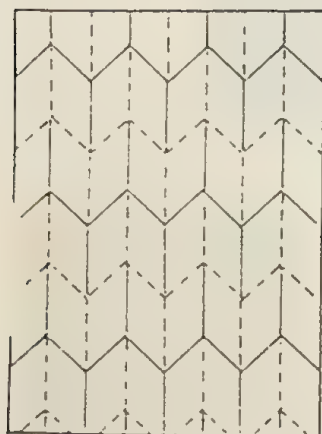


319 A 14





A1



106 図版説明

折りすじのつけ方

1…2つに折ります

5…交差する線を折ります

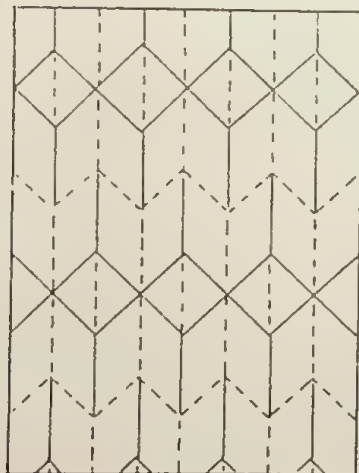
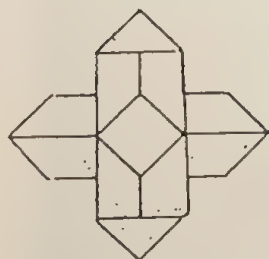
↓

9…更に細かい線を折ります

↓

11…横線を山、谷と交互に折ります

A2



A1 単

左はしの折り図。中央は折りたたんだところ。この試作ができれば大きな紙で更に目を細かくして右はしの図のように折り上げるとレリーフになります。

A2 十字

折り図の折りすじをもう半分に細かくして折ると山が8つのレリーフになります。

A3…家並び

折り図は一部分のみを示していますから、一度試作してから筒にするための折り線の数を決めて下さい。

A4…なまこ（海ほおづき）

口、ニ、……の線を山、ハ、ホ、……の線を谷に折りたたみ、上部のトチの線を

山に折り、左はしよりトチの線の両側を折りたたみます。折りあげて筒にするとなまこ、裏面を出すと海ほおづきになります。折り図の4つ分で作って下さい。

A5…いせき（バベルの塔）

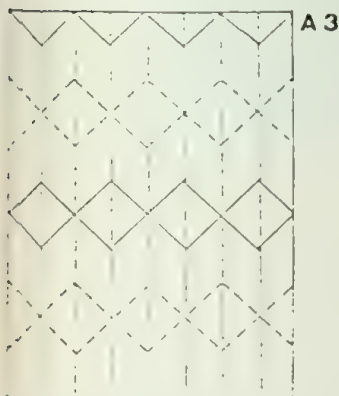
折り図は4分の1です。A4と同じにします。折りあげるといせき、裏面ではバベルの塔になります。

A6…菊花（つくし）

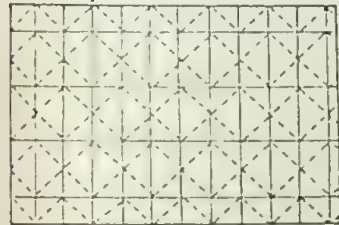
折り図は4分の1です。表面で菊花、裏面でつくし。

A7…カナエ

折り図の4倍のもので作ります。表面も裏面も同じものになります。



A4 $\frac{1}{4}$

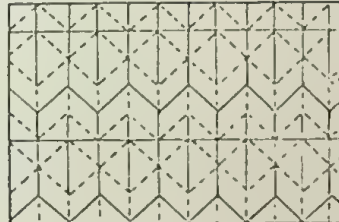


イロハニホ 1



2

A5 $\frac{1}{4}$

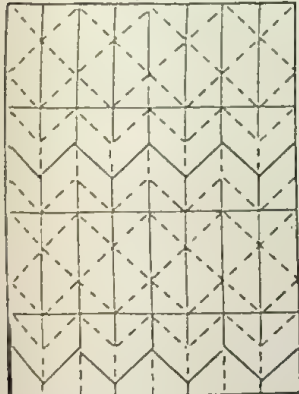


1



2

A6 $\frac{1}{4}$

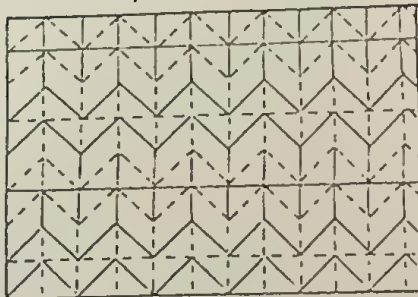


1



2

A7 $\frac{1}{4}$



2

A 8…網 (工場の屋根)

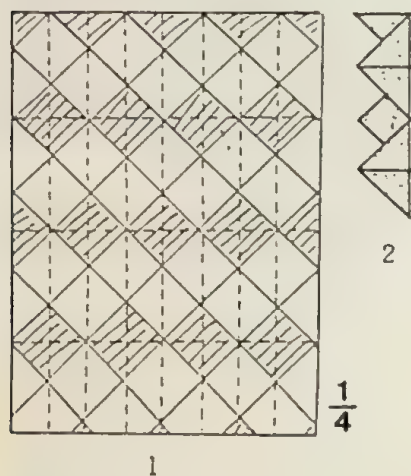
4分の1。斜線部は重ねます。この部分をかえるとちがったものになります。

A 9…ずらし単

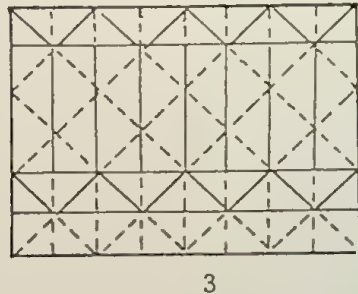
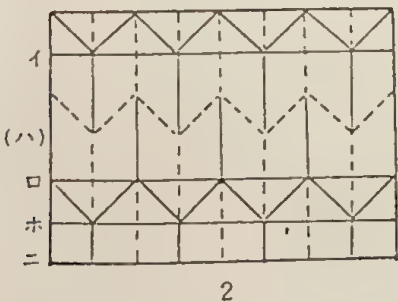
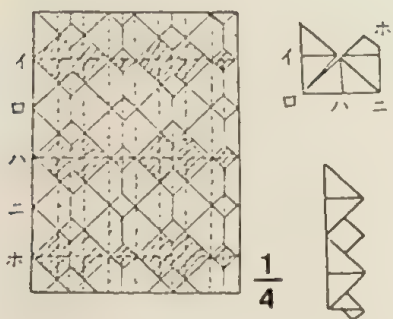
4分の1。正方形のますから。

A10…ずらし網

A 8



A10

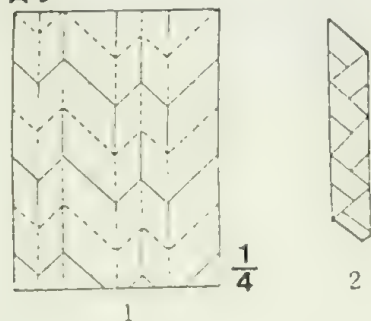


基本折り後、横線を先に折ります。

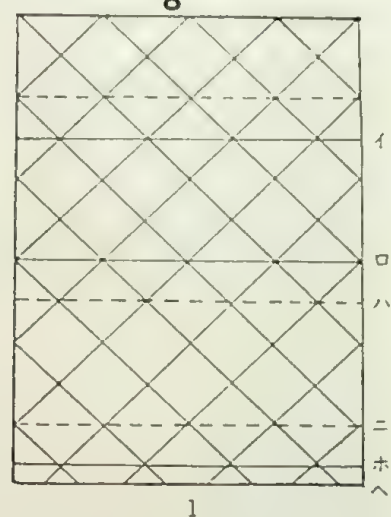
A11…カゴメ

1と2の符号の対応に注意。3つ重なりの部分を起こして反対側に折り凹を作ります。

A 9



A11



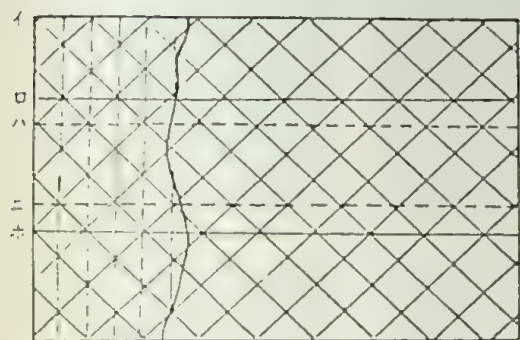
A12…笑う人 (1)

6等分の基本線を図のように折り、横線の部分を折りかさねると2になります。口ホの間を境に下側の線を折りなおします。折りすじ通りにたためば完成です。3、4は拡大図です。

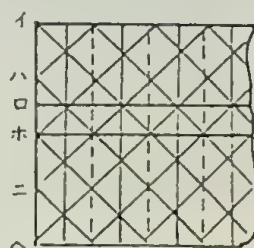
A13…笑う人 (2)

1を2のように重ねて、折りすじ通りに折ります。表面と裏面とでちがったものになります。

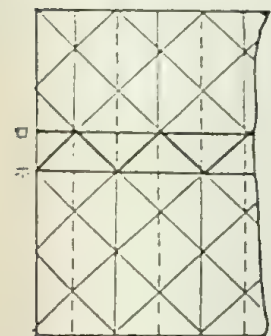
A12



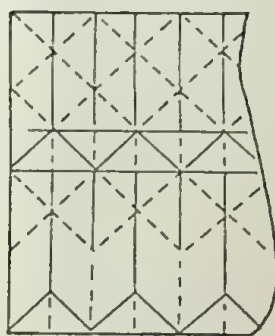
1



2

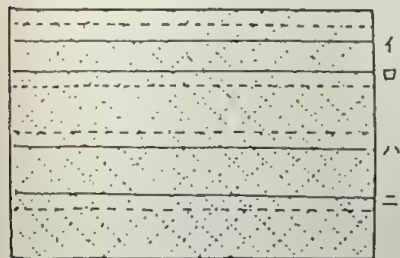


3

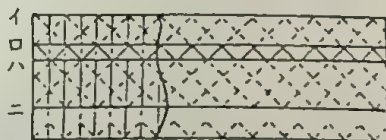


4

A13



1

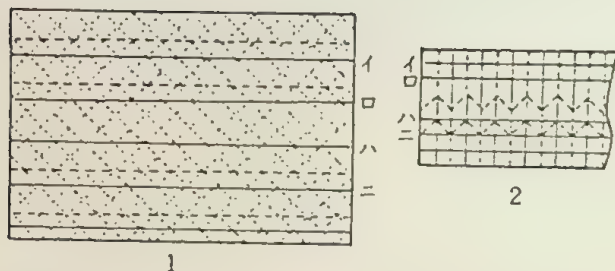


2

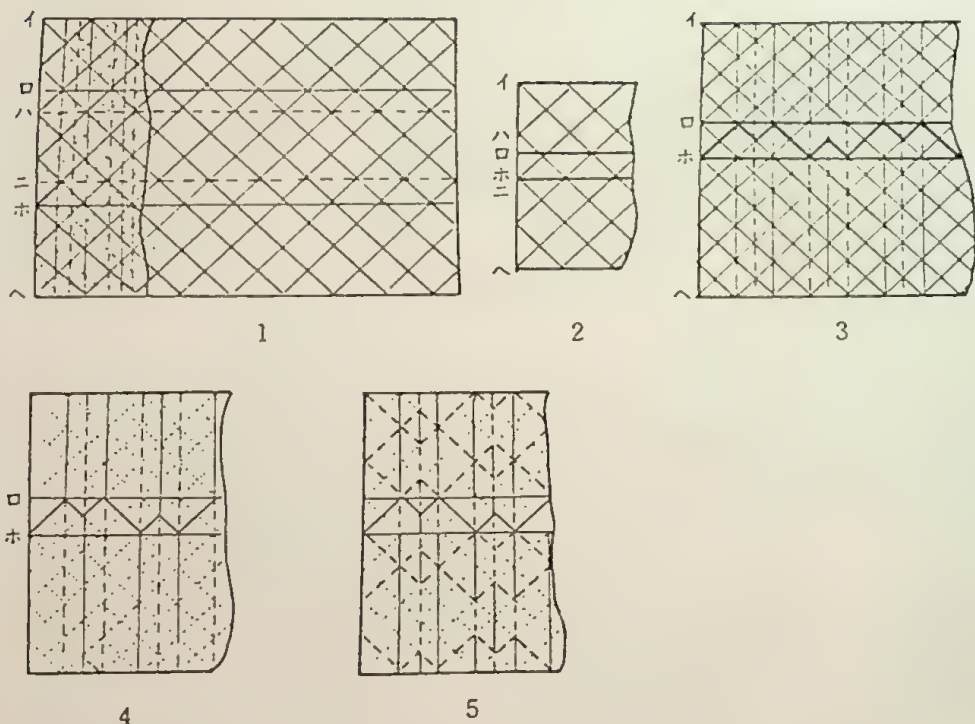
A14…笑う人 (3)

1 はまず目と折りすじ。2 は折り重ねた状態。重なるの部分は開いていません。

A 14



A 15



A15…かっぱ

イへの間に正方形が6個並ぶように基本線を作ります。さらに半分にして、ロ、ハ、ニ、ホの横線を折り重ねて2のようにします。一部の線が省略されています。3のように縦の線を折ります。ロホのところから折り始めて、下の線の山・谷を折りなおします。全体を折りたたんでそれを筒にすると完成します。

320



321



322



323



324



325



326



327

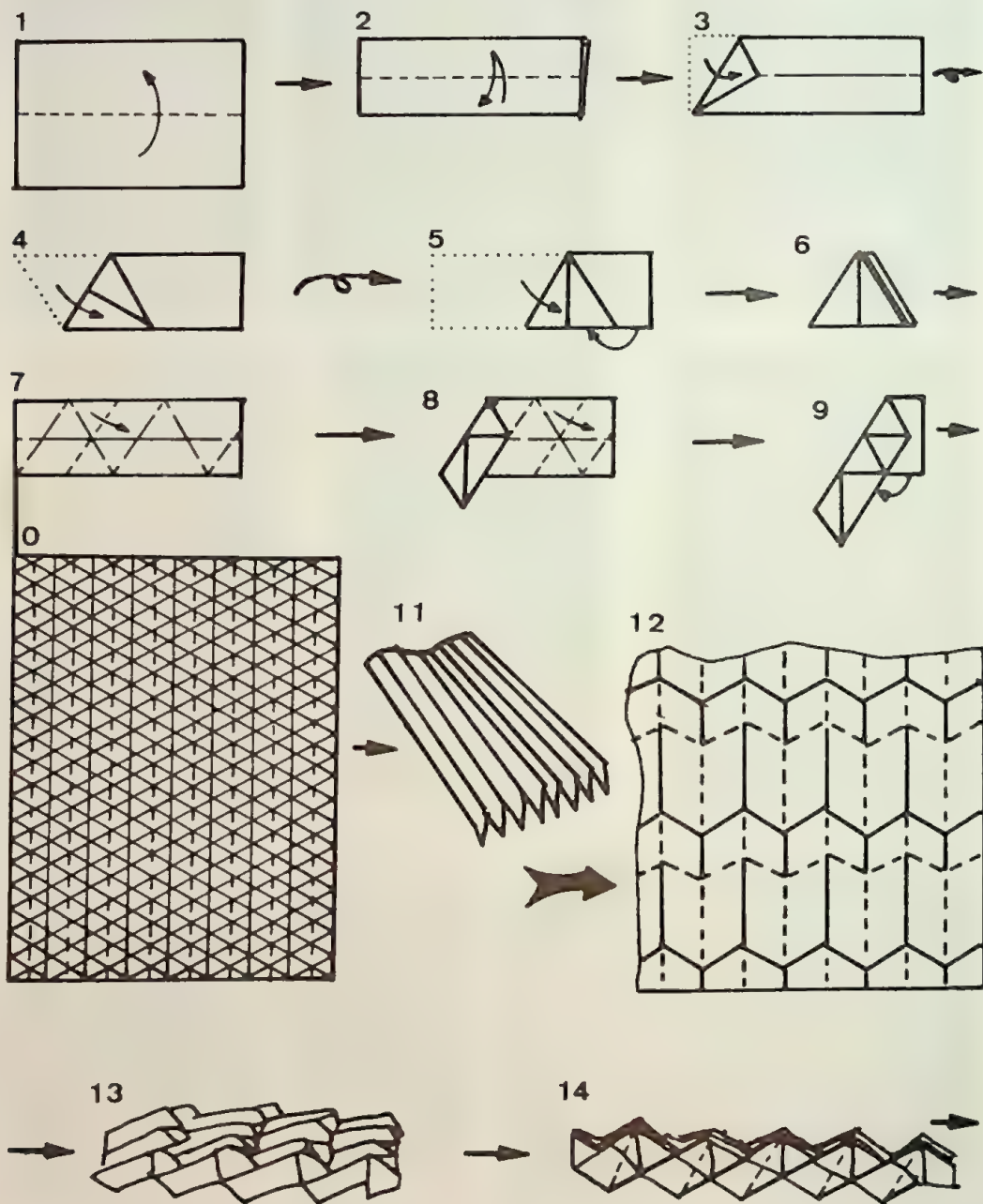


328



正三角形の折りすじを使うもの

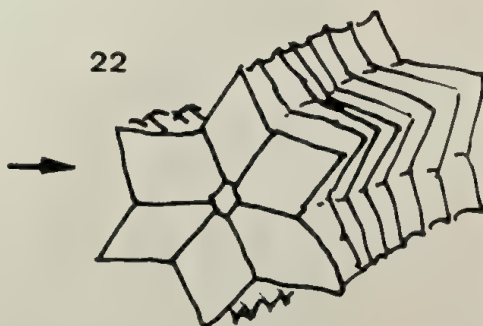
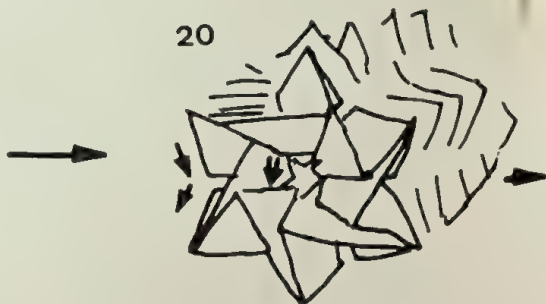
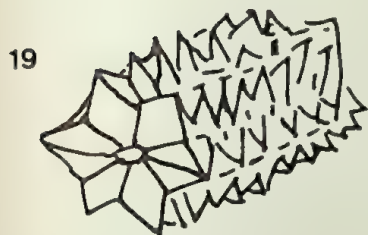
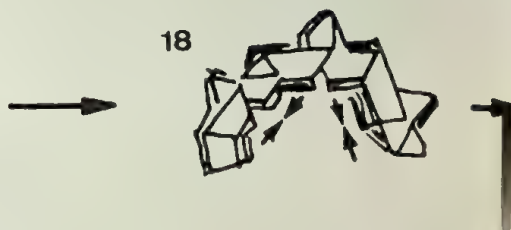
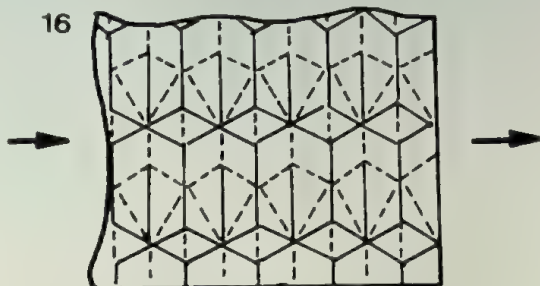
レリーフで蛇腹星 (B 12) を折ります 紙は B 4 (257mm×364mm) の普通の硬さのものを使います。

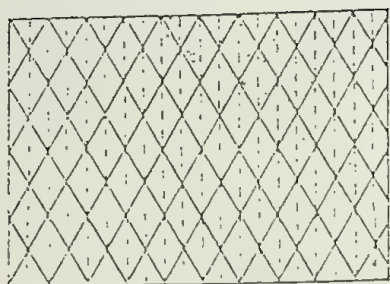


図版説明

1～9のようにして10の折りすじをつけます。
12のように折りかえて、折りたたみます。もう一度開いて16のような折りすじのついたと

ころで再び折りたたみ、17、18の矢印の方向にしめていくと筒形になります。20、21の矢印のところをさし込んで完成させます。





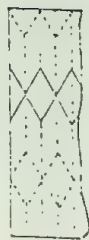
1



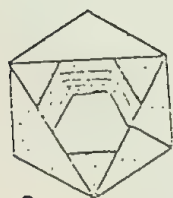
B 1



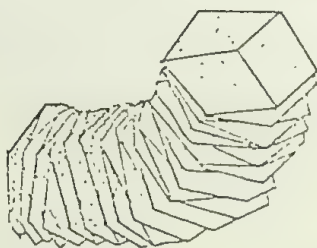
B 2



B 3



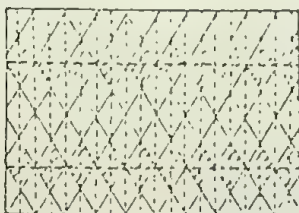
2



3

1は基本折り、これを折りたたむと2になります。よこに2倍長いもので折ると3になります。よこに4倍くらい長い紙で作ると菊のようになります(B 4、B 5)。B 1、B 2、B 3のような折りすじをつけていろいろなレリーフを作ります。

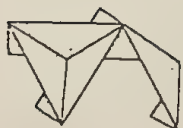
B 6



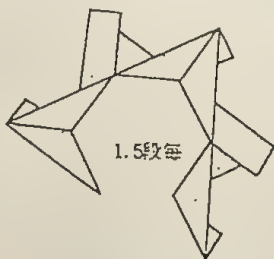
B 6…網 (2段毎)

斜線部分の菱形2個分を重ねます。これを折りたたむと2のようになります。筒にすると、どちらを円の中心にするかで異なったものになります。イロを中心にすると球が重なったものになり、ハニを軸にすると傘を何段にもつないだ形になります。

下の図は斜線間の段数を折りたたんだときの形との関係です。



1段毎



1.5段毎

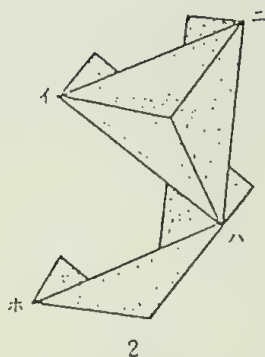
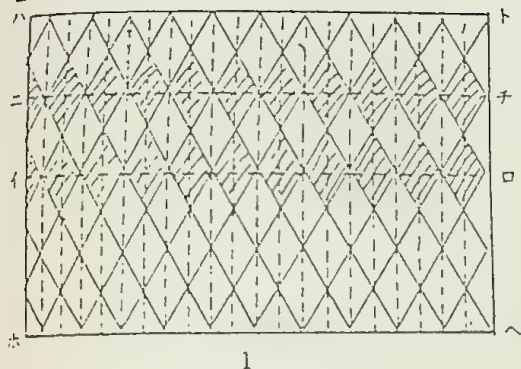


2段毎

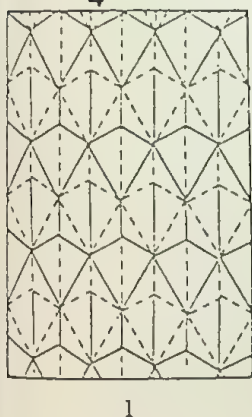


2.5段毎

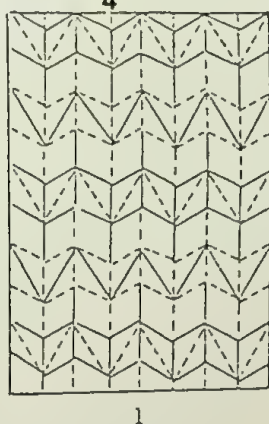
B7



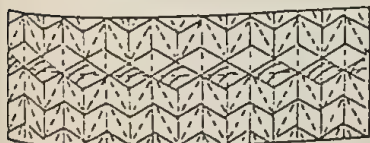
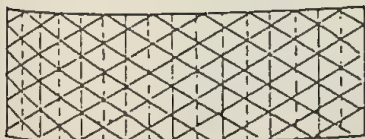
B8 $\frac{1}{4}$



B9 $\frac{1}{4}$



B10



B7...電気スタンド

イロの中央線で2つに折ってから斜めの基本線を作ります。2のハを中心にしてホが外側になるように筒にすればハホは台、イニが笠になります。

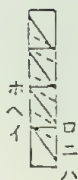
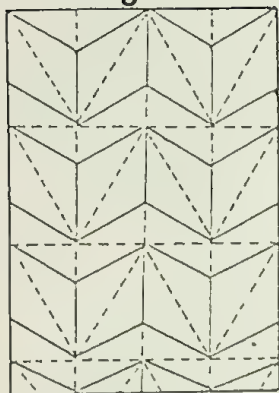
B8...月見草

B9...ややならび

B10...聖火台

折りすじをつけてから横長に半分に切ります。下は折る時の山・谷です。折り上ってから両端を接続します。

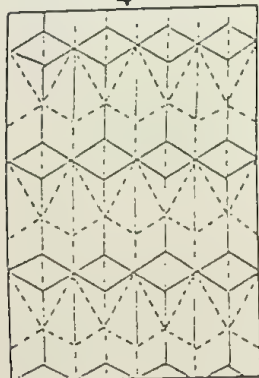
B 11 $\frac{1}{8}$



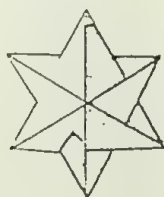
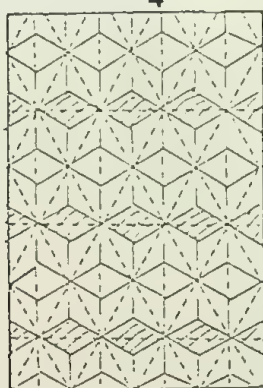
うろこ (すみなし)

イロ、イハを重ねてイニを作り、ホロの線を作り同じようにハロを作ります。

B 12 $\frac{1}{4}$



B 13 $\frac{1}{4}$



B12...蛇腹星

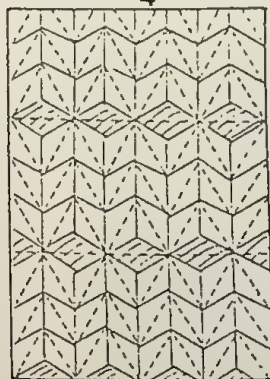
B13...星蛇腹

B14...ヒヨク (五重の塔)

B12とB13は殆んど同じ型です。B12のほうが折り上がりがとめられます。また、たては菱形が横に18個並べば一まわりの星になり、たて4列で折り上げると六つ星のペンダントになります。

B14の折り図のよこの数字はよこ線を入れるのに上よりの段数を示しています。これからの図も同様です。

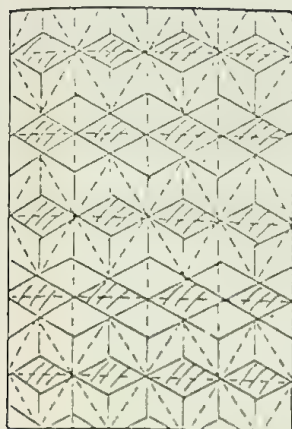
B 14 $\frac{1}{4}$



3.5
3.5
3.5

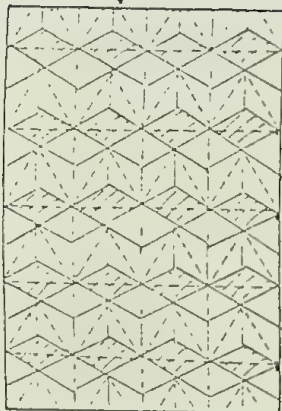


B15 $\frac{1}{4}$



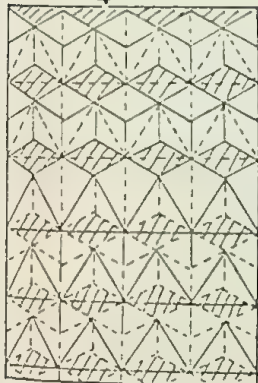
2.0
2.0
2.0
2.0

B16 $\frac{1}{4}$

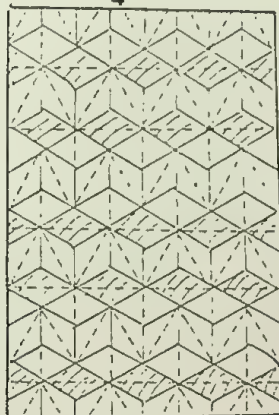


2.0
2.0
2.0
2.0

B17 $\frac{1}{4}$

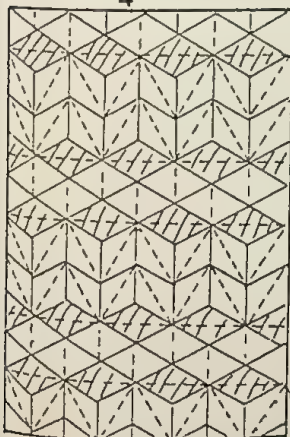


B18 $\frac{1}{4}$



1.5
2.5
1.5
2.5

B19 $\frac{1}{4}$



2.5
1.5
2.5
1.5

B15...猿の口 (とげ)

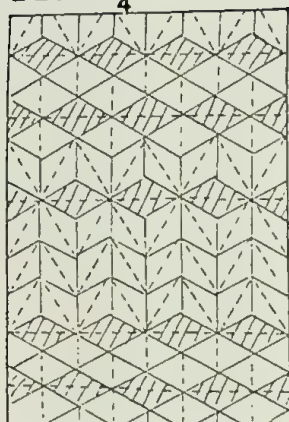
B16...笹 (クリスマスツリー)

B17...笹がえし (上が笹、下がクリスマスツリー)

B18...矢ばね (にの字)

B19...MY (しゅう曲山脈)

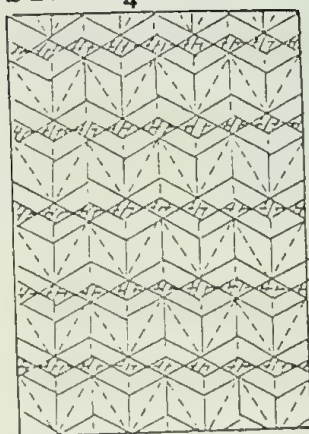
B 20

 $\frac{1}{4}$ 

1.5
2.0
3.5
1.5



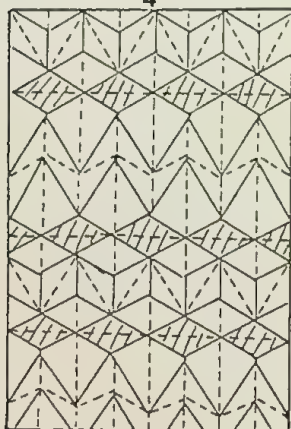
B 21

 $\frac{1}{4}$ 

2.0
2.0
2.0
2.0
 $\frac{1}{4}$ ずらし



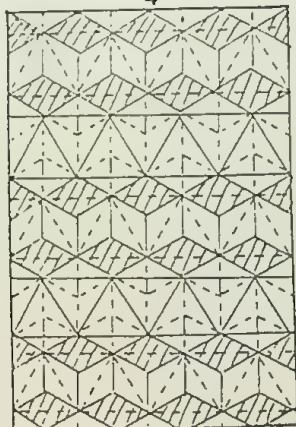
B 22

 $\frac{1}{4}$ 

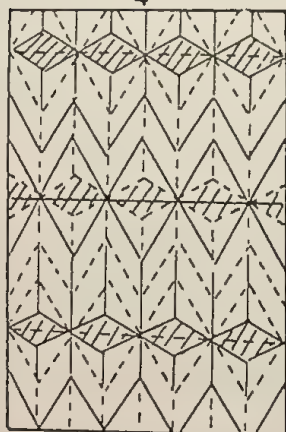
3.5
2.5
3.5
2.5



B 23

 $\frac{1}{4}$ 

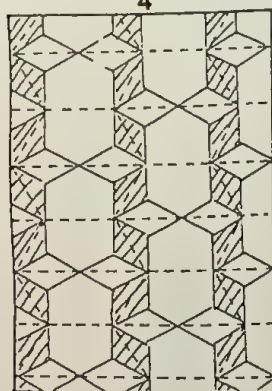
B 24

 $\frac{1}{4}$ 

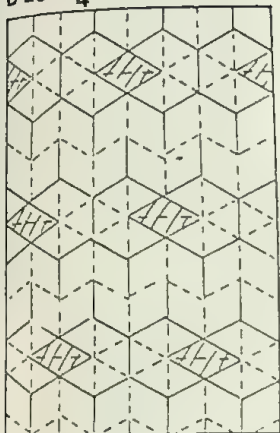
3.5
3.5



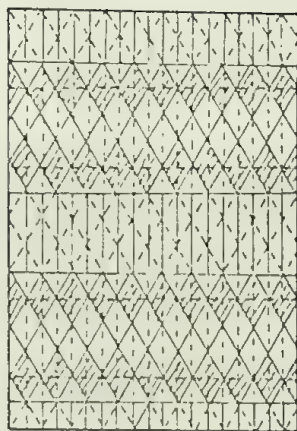
B 25

 $\frac{1}{4}$ 

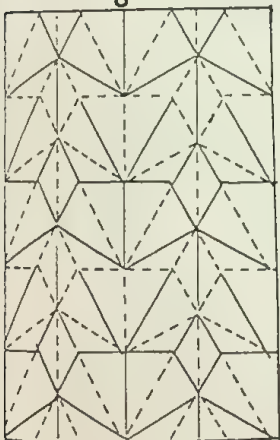
B 26 $\frac{1}{4}$



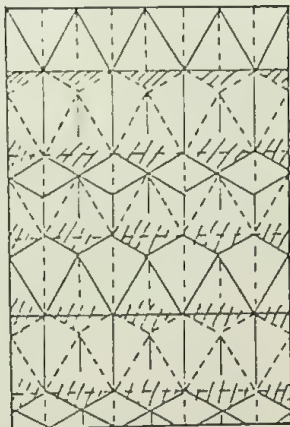
B 27



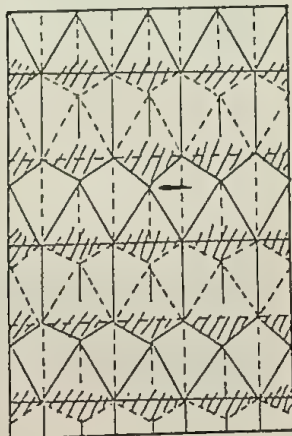
B 28 $\frac{1}{8}$



B 29



B 30



(前ページ)

B 20...ダルマ

B 21...変形ウロコ

B 22...ヒゲ (インデアン)

B 23...友達

B 24...ガス灯

B 25...六角中間折り

B 26...五角ホール

斜線部はあとでの
りづけします。

B 27...カゴメ

B 28...桃花

B 29...岳陽楼 (みの)

B 30...団子



A15 かっぱ

329



あとがき——なぜ折り紙か？

中華人民共和国への旅行から帰った人にキリガミのみやげをもらったことがあります。薄い色紙にこまかい絵模様が切りこんである細工物です。やすく手に入ってかさばらず中国らしい、おみやげとして最適のものだと思います。このことと同じことですが、アメリカ合衆国から日本に来た観光客が買って帰る日本のみやげものとしてイロガミがある、と聞いています。折り紙を作る原色の真四角なあの紙のことです。折り紙というとき必ずこのイロガミを思いうかべます。幼稚園や小学校低学年のとき、このイロガミを使ってフネやチョウチンやフウセン、カブトなどを作った経験をすべての人が持っています。小学校高学年や中高生になると、病気の友人に送る千羽鶴を作ったりします。千羽鶴といえば、筆者の勤める学校の硬式野球部の女子マネージャーが千羽鶴を作ってマスコットにしたものが、勝者の相手チームに順ぐりに渡って、夏の甲子園優勝チームにまで達したことがありました。千羽鶴も面白い使われ方をしたものです。どこかの高校では、数学の授業に折り鶴を使っているようで、折り紙の使い方もいろいろです。

筆者は高校の理科の教師です。一人は化学、他は地学ですが、どちらも理

科の一分野です。そして、それぞれの授業の中で折り紙を使っています。折り紙というとなんといっても折り鶴が代表ですが、私達は鶴が折れるかどうかあやしいものです。私達は理科の教員なので、原子構造模型を生徒と一緒に作っています。今の理科教育では原子論的な取り扱いがきわめて重要視されているので、そのための多くの優れた教材・教具が作られ市販されています。原子や分子は見ることはできないために、模型としての教材・教具がどうしても必要となります。そこで私達は、原子を正多面体やそれに類する立体として作って、それ等をくみ合わせて結晶構造模型を作るのです。原子となる立体を作る紙はありあわせの紙道具はできるだけ使わないで、やむを得ない場合にのみ接着剤かセロテープを使います。だから、市販の優れた教材・教具に比べると見劣りのすることは当然です。しかしそれでも、私達は折り紙教材を使いつづけるでしょう。以下のような理由と、そして情熱とをもって。

——〈手造りの味〉——

まず第1に、そしてこれが最大の理由になりますが、生徒自身の手で作れ

るということです。

京都や大阪、そして東京といった大都市の人通りののはげしい所へ行くと、きまって舗道上に手造りの品物を並べている人達がいます。そのほとんどが若い人で、一人のときもあり二人三人のときもあります。ペンダントや首かざり、金属製に木製品、その他その他。見た目の派手さよりは素朴さにひかれるのかけっこう買われています。それというのも、われわれのまわりには機械で大量生産された品物がハンランしすぎているからなのでしょう。

筆者の勤めているのは普通のありふれた高校ですが、ある年のこと、変り者の美術の先生がいました。風を作らせて運動場でとばしたり、キリガミや動物などの形を作る細工物をこしらえさせたりしました。様々な“ものを作る”教育をしていました。このような自分の手でもものを作る教育は、今の普通高校では行う余裕がありません。ひとつでも多くの知識をつめこんで、問題解答練習をおこなって、直接的・速効的有利さを追い求めなければなりません。出来合いの道具立ての中で、スマートでかっこよく。

見た目には良くなくても、自分の頭で考えて、自分の手で作ることの必要性が、今、非常に大切だと思えます。結晶構造模型を生徒達は実に熱心で作ります。多数の中には、無器用なものや、のみこみの悪いものもありますから

一斉授業の中ではなかなかペースにのりにくいものもいます。ひとにおくれて「デキタ」と大声をあげるのは、そのような生徒のひとりです。できた喜びの声は、わかる喜びに通じるのです。

——〈紙は加工しやすい〉——

現代社会は紙の文明だと言った人がありますが、紙はわれわれの身のまわりのいたるところにあります。このいたるところにふんだんにある紙は、あたりまえのことだが薄いという特徴があります。一枚の紙もたたむと小さくなって持ち運びしやすくなるし、何枚も重ねてとじれば書物になります。非常に簡単に手を加えて形がととのえられるということです。この紙の性質が折り紙を可能にするのです。

折り紙で作ったものは決して恒久的ではありません。形を作って、それが

331



長く保存されることはまずないでしょう。しかし、作るのに手間ひまがかかりませんので、すぐに作りなおせるわけで、このことは、折り紙でなければ出来ないことです。

——〈創造性の開発〉——

今から百年ほど前に、現在の幼稚園教育を創始したフレーベルという人がいます。この人は積み木を重要視しましたが、積み木は単一で基本的で素朴な形態をしているので、子供の創造性を開発するのに最適の遊び道具だということで、積み木を「神から人類がたまわったもの」だと言ったそうです。

創造性という言葉も、今はもう色あせたように見えます。わが国で創造性という言葉が本格的に使われだしたのは1962年頃に「人的能力」ということが言われだした頃からでした。それ以来、かなりの年月がたって、かなり声高に言われ続けてきたにしては創造性が進歩したように思えないのは不思議なことです。

フレーベルが折り紙を知っていたかどうかは知りませんが、彼が折り紙を見たらどう言うことでしょう。神からたまわった積み木ほどにはないかもしれませんが、折り紙も創造性の高い教材だと思います。単一で基本的で素朴な点では積み木に劣りますが、手に入りやすい材料を使い、簡単に加工でき

るという利点で補ってあまりがあります。そのうえ、折り紙で作った立体をユニットにして組み立てていけば、これも一種の積み木なわけです。何種かの立体を組み合わせて種々の立体を造形することが可能となるのです。

創造性折り紙の大家という人は、「誰が作っても同じになる折り紙は折り紙じゃない」と言いますが、折り紙というのは、やはり、誰が作っても同じものになるからこそ折り紙なのです、誰が折っても皆ちがったものになっても、やっぱり折り紙なのでしょう。誰が作っても同じになる模倣性から発展して、無限に広がる造形の分野が折り紙にはあると思います。

——〈省資源〉——

いわゆる石油ショック以来、それまで「消費は美德だ」といわれていたものが、手のひらをかえすように「限りある資源を大切にしよう」となって、上衣なし運動、テレビを見ない運動、マイカーなし運動、暖房制限運動、などなど、いろいろと面白いことがおこってきます。

むかし、子供の頃に、新聞紙を折ってカブトを作ったことがありますか。折り紙というのは、もともと身近かにふんだんにある紙を使うものだと思います。イロガミを使うのはむしろ邪道だとも言えそうです。イロガミは正方

形をしています。カフトもそうですが折り紙という正方形からでないといけないように思いこませたのは、イロガミの責任です。われわれの身のまわりにふんだんにある紙は、普通、たとよこの割合が $1 : \sqrt{2}$ になっています。毎日の新聞の中にどっさりと入ってくる美しい広告紙、カレンダー、カタログの類、われわれのまわりに折り紙の材料はこと欠きません。写真332はカタログ、写真333はトーシャファックス原紙の裏紙を使ったものです。とくに後者をはじめて見た人は、とても廃物利用だと思えないそうです。

——〈いつでも、どこでも〉——

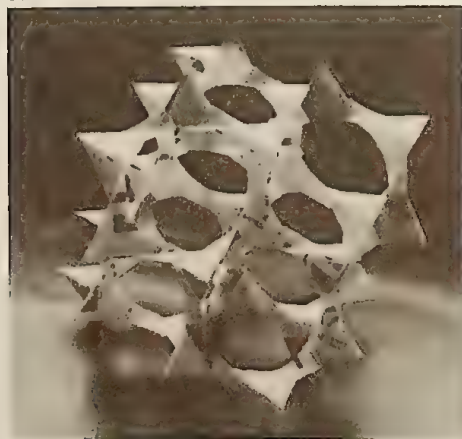
アメリカの数学の教科書には

- 1 直線を作ること
- 2 線分を2等分すること
- 3 線分を垂直2等分すること

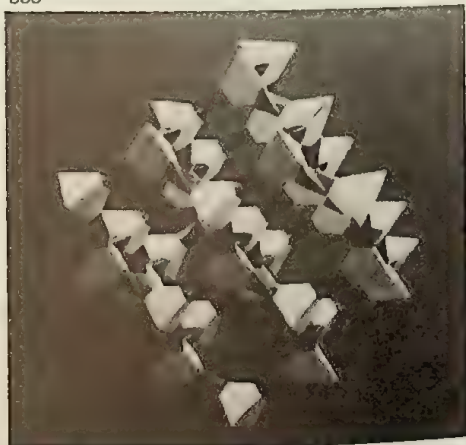
- 4 2つの線分の和を作ること
- 5 2つの線分の差を作ること
- 6 直角を作ること
- 7 45° の角を作ること
- 8 30° の角を作ること
- 9 11.25° の角を作ること
- 10 任意の角を2等分すること
- 11 2点を通る直線を作ること
- 12 直線上の1点を通り、直線に垂直な直線を作ること
- 13 直線に垂直で、直線外の点を通る直線を作ること
- 14 直線に平行で、直線外の点を通る直線を作ること

などという問題が、折り紙を使って扱われています。このことは、紙の特性である、薄く折り目がつけやすいということと、誰がやっても同じになる性質を利用しているわけですが、別の意味では、身のまわりにたっぷりある紙を使う折り紙の手軽さです。いつで

332



333



もどこでも作って利用できます。電車
の中で編みものをしている人と同じで
折り紙も、のりものの中でも、会議中
でも、テレビを見ていても、ところか
まわず作れるのです。

いろいろと理由づけが可能ですが、
折り紙も自分で作って体験しないと、
面白さはわからないものです。「考え
る手」と「考える頭」のために、いろ
いろと作ってみて下さい。楽しいこと
うけ合いです。

索引

正多面体

正四面体	18
正六面体	32、42、88
正八面体	34、42
正十二面体	36、37
正二十面体	40、152

凹型正多面体

凹型正四面体	44、45
凹型正六面体	46
凹型正八面体	47
凹型正十二面体	48、49

切頭多面体

切頭四面体	62
切頭八面体	63
切頭二十面体	64
等稜十四面体	65
等稜三十二面体	64
二十面体	67

集積多面体

八角星	75
平方六面体	77
菱形十二面体	83

様々な立体

直角四面体	80
八面体	84
$\frac{1}{2}$ 八面体	84
四面体	85
正三角形よりなる立体	87
直角三角形よりなる立体	96
三角錐など	128
二重星	144
$\frac{1}{2}$ 八角星	145
$\frac{1}{2}$ 等稜十四面体	145
等稜十四面体 β	144

角柱

六角柱	125
四角柱	126
三角柱など	127

正多角形

正五角形	176、177、178、180
正六角形	176、177、178、180
正七角形	176、177、178、180
正八角形	176、177
正九角形	178
正十角形	178
正十一角形	178

発表誌一覧

- 藤本修三：創造性を開発する立体折り紙：新写植出版：1976年
藤本修三：立体折り紙による結晶構造模型：1976年度日本理化学協会研究紀要：1976年
藤本修三：立体折り紙による結晶構造の模型について：兵庫県理化学会会誌：1977年3月
藤本・西脇：折り紙を教室へ：子どもの遊びと手の労働研究：1976年3月号
藤本・西脇：正多面体の指導案——立体図形を折り紙で：数学教室：1976年10月号
藤本・西脇：折り紙による結晶構造——楽しい授業の創造を：理科教室：1976年11月号
藤本・西脇：折り紙による“はこ”作り：子どもの遊びと手の労働研究：1979年5月号
藤本・西脇：なぜ折り紙なのか：子どもの遊びと手の労働研究：1979年12月号
藤本・西脇：ダイヤモンドを折り紙で作ろう：数学教育：1980年12月号
藤本・西脇：数的調和の世界——折り紙で正多面体を作ろう：数学教育：1981年10月号
藤本の作品：平織り、他：British Origami No91の表紙、他：1981年12月号
藤本の作品：星：Le, Pli No9の表紙：1981年12月号
藤本の作品：結晶（正二十面体の応用、他）：おりがみ：1982年2月号
藤本の作品：キューブ：British Origami No94：1982年6月号

著者及び協力者について

藤本修三

1922年生れ。兵庫県立有馬高等学校勤務。
日本折り紙協会会員及び英国折り紙協会会員。
自作の折り紙で授業をする高校の先生である藤本の名は近隣の学校で知らないものはありません。藤本はアイデアマンとして著名で、かつては計算器の製作や、朝鮮語の研究に没入していたものが、1967年頃、正三角形の簡単な作り方を発見して以来、藤本の手から折り紙が瞬時にも離れたことはありません。藤本は化学の教員なので、作品の多くは原子・分子・結晶模型を作るために創案されたもので、おそらく折り紙を使つての理科教育などというのは全国に類を見ないでしょう。藤本の創案した作品は数えきれないのですが、本書にはその一部がおさめてあります。作品の主な出品歴は次の通りです。

1976年 世界折り紙展 蛇腹星

1977年 英国折り紙協会展 平織り

1981年 世界折り紙展 ミクロの世界
及びデコレーションベルト

西脇正巳

1930年生れ。兵庫県立篠山鳳鳴高等学校勤務。子どもの遊びと手の労働研究会会員。科学教育研究協議会会員。
現在校で藤本と一緒に、知恵の輪折り紙の洗礼を受けて藤本流折り紙に弟子入り、授業に折り紙を取り入れるかたわら、もっぱら広報係をつとめています。

酒井 昇

1934年生れ。兵庫県立篠山鳳鳴高等学校勤務。
現在校の理科教育・放送教育の立役者。酒井が長期の入院をするにあたって、病院と学校の間の無線連絡の必要性を真剣に討議したような人物。この書物に使った模型の多くは酒井の作成したものです。

2007年1月に藤本修三先生の「ねじり折り1、2、3」を複製再発行させていただきました。7月には兵庫県学校厚生会丹波支部から「創造性を開発する立体折り紙」が再発行されました。その間、1982年発行の「創造する折り紙遊びへの招待」を探している、という声を度々耳にいたしました。そこで、藤本先生、西脇先生にお伺いしたところ、お二人とも快く、この本の再発行を承知して下さいました。

たくさんのご苦心の写真と図が入り、25年たった今もなお新しさを感じます。模型製作に取り組む生徒達はとても楽しそうです。今でも先生の折り紙は地元丹波で後継者藤村典子先生をはじめ厚生会丹波支部によって受け継がれ、支えられています。

藤本先生、西脇先生ともに、この本が内外の多くの方に親しまれ楽しめることを望んでおられます。

再発行に当たり「ねじり折り1、2、3」の複製当初より、ご助言、ご支援下さって丹波にも同行して下さいました丹羽兌子先生に厚くお礼申し上げます。また、たくさんの読者をご紹介下さったドイツ在住の絵里子 青山 Pabel さん、アメリカの Jim Puccio さん、山梨明子さん全国各地の皆様にお礼申し上げます。

2007年11月1日

斎藤 聡子

創造する折紙遊びへの招待

1982年10月22日発行

2007年11月1日（第2刷）

定価1,500円

著 者 藤 本 修 三
〒669-2341 兵庫県篠山市郡家23-4
西 脇 正 巳
〒669-2302 兵庫県篠山市奥畑204

発行協力者 連絡先
斎 藤 聡 子
〒444-0826 愛知県岡崎市若松町萱林22-1
Tel・Fax. 0564-54-4313
(財)兵庫県学校厚生会丹波支部
〒669-3309 兵庫県丹波市柏原町柏原1691-1
Tel. 0795-72-2096
Fax. 0795-72-3487
